

dr Jarosław Becker
Katedra Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji
Wydział Techniczny Akademii im. Jakuba z Paradyża
w Gorzowie Wielkopolskim

AUTOREFERAT
PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS DOROBKU I OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

SPIS TREŚCI

1. Imię i nazwisko.....	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
3.1. Przebieg dotychczasowego zatrudnienia	3
3.2. Stanowiska i pełnione funkcje	3
4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.).....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
4.2. Monografie i artykuły naukowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	4
4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.....	5
Wprowadzenie	5
Geneza i chronologia podjętych badań.....	7
Omówienie problemu badawczego, celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników.....	11
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo–badawczych	22
5.1. Charakterystyka opublikowanych prac i artykułów naukowych	22
5.2. Syntetyczna prezentacja dorobku naukowego	35

1. Imię i nazwisko

Jarosław Becker

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 04.04.1997 Uzyskanie tytułu zawodowego *magistra ekonomii* w ramach ukończenia studiów na Wydziale Ekonomicznym Uniwersytetu Szczecińskiego na kierunku *informatyka i ekonometria w zakresie systemów informacyjnych zarządzania*.
Tytuł pracy magisterskiej: „*Krótkoterminowe, regionalne prognozy bezrobocia z zastosowaniem sieci neuronowych*”, promotor prof. dr hab. inż. Ryszard Budziński.
- 18.06.2002 Uzyskanie stopnia *doktora nauk technicznych* w dyscyplinie *informatyka* o specjalności *informatyka w zarządzaniu* na Wydziale Informatyki Politechniki Szczecińskiej (aktualna nazwa: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny).
Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Integracja danych w informatycznym systemie rachunkowości transakcyjnej*”. Promotor prof. dr hab. inż. Ryszard Budziński, recenzenci: prof. dr hab. inż. Andrzej Piegat, prof. dr hab. Bernard Kubiak.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

3.1. Przebieg dotychczasowego zatrudnienia

- 01.10.1997 – 30.09.2014 Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie (dawniej Politechnika Szczecińska), Wydział Informatyki
- 01.10.2001 – nadal Akademia im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim, Wydział Techniczny, (dawniej Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, 2001-2008 Instytut Ekonomiczny, 2009-2014 Instytut Techniczny)

3.2. Stanowiska i pełnione funkcje

- 01.10.1997 – 31.07.2002 Asystent w Katedrze Inżynierii Systemów Informatycznych, Wydział Informatyki, Politechnika Szczecińska
- 01.10.2001 – 30.09.2004 Wykładowca w Instytucie Ekonomicznym Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Gorzowie Wielkopolskim
- 01.08.2002 – 30.09.2014 Adiunkt w Katedrze Inżynierii Systemów Informatycznych na Wydziale Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (dawniej Politechnika Szczecińska)
- 01.10.2004 – 30.09.2017 Docent: 2004-2008 w Instytucie Ekonomicznym, 2009-2014 w Instytucie Technicznym Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Gorzowie Wielkopolskim, od 2015-2017 na Wydziale Technicznym Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim
- 16.12.2014 – nadal Funkcja przewodniczącego Wydziałowego Zespołu ds. Jakości Kształcenia na Wydziale Technicznym Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim

29.02.2016 – nadal	Pełnienie obowiązków kierownika Katedry Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji na Wydziale Technicznym Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim
01.10.2017 – nadal	Adiunkt na Wydziale Technicznym Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Integracja źródeł wiedzy w wielokryterialnym systemie wspomagania decyzji

4.2. Monografie i artykuły naukowe wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Jako główne osiągnięcie naukowe wskazuję monografię naukową, dwa zgodne z jej tematyką współautorskie artykuły naukowe oraz współautorską monografię naukową.

a) Monografia naukowa

- **Becker J. (2015)**, *Integracja źródeł wiedzy w informatycznym systemie wspomagania decyzji (podstawy metodyczne i projektowe)*, Wydawnictwo Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Gorzowie Wielkopolski (ISBN 978-83-63134-43-3), Gorzów Wielkopolski.
Recenzenci wydawniczy: prof. dr inż. Jerzy Sołdek oraz prof. dr hab. inż. Olgierd Hryniewicz.

b) Artykuły naukowe

- **Becker J., Becker A., Sałabun W. (2017)**, *Construction and Use of the ANP Decision Model Taking into Account the Experts' Competence*, In: Zanni-Merk C, Frydman C, Toro C, Hicks Y, Howlett RJ, Jain LC, editors. Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 21st International Conference, KES-2017, Procedia Computer Science, 2017, **112**:2269-2279 (DOI: 10.1016/j.procs.2017.08.145).
- **Ziomba P., Becker J. (2019)**, *Analysis of the digital divide using fuzzy forecasting*, *Symmetry*, **11(2)**, 166 (DOI:10.3390/sym11020166).

c) Współautorska monografia naukowa

- **Budziński R., Becker A., Becker J. (2018)**, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w systemie DSS 3.0 (metody i architektura systemu informatycznego)*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
Recenzent wydawniczy: prof. dr hab. Bolesław Borkowski.

Monografia naukowa (Becker 2015) zawiera omówienie podstaw metodycznych i projektowych integracji źródeł wiedzy – faktów, opinii ekspertów i ich kompetencji, komplementarnych metody – w wielokryterialnym systemie wspomagania decyzji. W aneksie dołączonym do monografii zamieszczono trzy przykłady użytecznego wykorzystania zaproponowanych rozwiązań modelowych w praktyce zarządzania (przykłady zaprezentowano publicznie i poddano dyskusji, stanowią one wkład autora w odrębnych artykułach naukowych wydanych przed monografią).

We wskazanych jako osiągnięcie naukowe dwóch współautorskich artykułach naukowych zaprezentowano wyniki kontynuowanych badań nad rozwinięciem modelu integracji źródeł wiedzy w systemie wspomagania decyzji. Pierwsze badanie dotyczyło opracowania standardowej (wzorcowej)

struktury modelu decyzyjnego ANP, która uwzględnia sieciowe zależności między elementami tego modelu (ekspertami, kompetencjami, kryteriami i wariantami decyzyjnymi). Uzyskane rozwiązania wdrożono do systemu wspomagania decyzji (DSS 3.0), co wykazano we współautorskiej monografii (p. 4.2.c). Drugie badanie (pilotażowe) miało na celu ukierunkowanie modelu integracji źródeł wiedzy w systemie wspomagania decyzji na obszar zagadnień prognostycznych uwzględniających w opisie obiektów (wariantów decyzyjnych) czas oraz niepewność.

Współautorska monografia naukowa zawiera wyniki wieloletnich prac badawczo-rozwojowych nad prototypową wersją wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji – DSS 3.0. Habilitant odpowiadał za wdrożenie autorskiej koncepcji systemu (Becker 2015), praktyczne opracowanie algorytmów hybrydyzacji metod (AHP/ANP, ELECTRE TRI, TZP, GDM i Pulpitu decyzyjnego) oraz inne zadania projektowo-programistyczne.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie

System zarządzania to całokształt wielu czynników w postaci: wartości i celów, regulacji i struktur oraz metod i praktyk decyzyjnych. System ten funkcjonuje w określonym procesie, jako ciągły i zorganizowany zespół działań informacyjno-decyzyjnych, które służą osiągnięciu celów organizacji.¹ Proces podejmowania decyzji przebiega w kilku etapach. Rozpoczyna się rozpoznaniem i zdefiniowaniem istoty sytuacji decyzyjnej. W kolejnych krokach następuje zidentyfikowanie alternatywnych możliwości i wybór najlepszej z nich. Ostatnia faza polega na wprowadzeniu jej w życie. Z uwagi na złożony i dynamiczny charakter rzeczywistości zmiany, które w niej zachodzą wymagają szybkich reakcji. Sytuacja taka powoduje, że zamiast realnych systemów tworzy się modele, które wykorzystywane są przez znaczną część informacyjnych systemów zarządzania.² Wśród wielu kategorii modeli najważniejsze w pracy badawczej habilitanta są modele heurystyczne i optymalizacyjne. W modelach heurystycznych wykorzystywane są zazwyczaj zmienne mierzalne. Łączą się one z modelami jakościowymi oraz są ściśle powiązane z psychologicznymi obszarami procesu decyzyjnego. Wykorzystuje się je również do analiz decyzji grupowych. Natomiast modele optymalizacyjne dotyczą technik, które umożliwiają sformowanie złożonych układów równości i nierówności matematycznych reprezentujących funkcje celu oraz ograniczenia. Modele te są projektowane, aby określić decyzję optymalną, wybraną spośród znacznej liczby możliwych decyzji. Decyzja optymalna spełnia cel postawiony przez organizację jednak w obrębie różnych warunków ograniczających. Jest ona często identyfikowana z problemem alokacji unikalnych zasobów, które występują wśród działań konkurencyjnych. U podstaw budowy wymienionych modeli leżą wielokryterialność, preferencje psychologiczno-ilościowe decydentów oraz opinie ekspertów, którzy posiadają określone kompetencje.

Modelowanie to odwzorowanie obiektów świata rzeczywistego w ujęciu systemowym, które łączy w sobie określenie celów pożądanego działania przez rozpoznanie i rozważenie dostępnych wariantów oraz porównanie ich przewidywanych następstw. Ważna jest tu identyfikacja mechanizmów systemowych. W praktyce działania oznacza to zrozumienie i zarządzanie w sposób uporządkowany i wzajemnie zależny wszystkimi składowymi procesami decyzyjnymi. W tym kontekście problemem jest budowa zintegrowanego modelu analizy wielokryterialnej o cechach daleko idącego uniwersum w opisie rzeczywistości i zastosowaniach praktycznych.

¹ Por. Stabryła A. (red.), *Zarządzanie w kryzysie*, Wyd. Mfiles.pl, Kraków 2010, s. 64.

² Por. Gręda I., Bednarski M., Wrzosczyk M. (2019), *Modele procesów decyzyjnych*, w: *Encyklopedia Zarządzania*, mfiles.pl (https://mfiles.pl/pl/index.php/Modele_proces%C3%B3w_decyzyjnych, dostęp: 20.02.2019 r.).

W budowie systemów działania przyjmuje się najczęściej dwa, nakładające się na siebie, rozwiązania metodyczne. Pierwsze w formie modelu konceptualnego (intelektualnego, rozumowego, umysłowego, pojęciowego), drugie w postaci modelu implementacyjnego (realizacji). Każde z tych rozwiązań posiada swoistą metodykę postępowania, użyteczną w formalnym projektowaniu systemu informatycznego. Szczególne znaczenie posiada model konceptualny, w którym definiuje się oczekiwania systemu w odniesieniu do warunków działania. Główne zadanie habilitanta polegało na zorganizowaniu danych do zarządzania w ujęciu bazy faktograficznej, umożliwiającej integrację różnych metod wspomaganie decyzji, oraz opracowaniu edycji danych wynikowych na potrzeby analityczne i decyzyjne.

Badania habilitanta były skoncentrowane na opracowaniu podstaw metodycznych oraz projektowych integracji źródeł wiedzy w wielokryterialnym systemie wspomaganie decyzji. Pod pojęciem wiedzy w procesie wspomaganie decyzji rozumie się uzyskaną na wyjściu informację zarządczą, która może mieć postać: sugestii działania, zalecenia, rekomendacji, konkluzji, reguły itp. Jej źródła są ustrukturyzowane i tworzą dwa poziomy, danych oraz analiz (interpretacji metodycznych). Na poziomie danych reprezentowany jest problem decyzyjny, gromadzone są: fakty, preferencje, opinie ekspertów i ich kompetencje. Na poziomie wyższym znajdują się komplementarne metody wspomaganie decyzji, które w odmienny sposób interpretują zdefiniowany problem. Są zintegrowane, współdziałają na wspólnym zbiorze danych i dostarczają spójne spektrum informacji wspomagających decyzje.

Przesłanką do integracji metod jest fakt, że współcześnie badania prowadzone są w dynamicznie zmieniających się warunkach. Z jednej strony mamy do czynienia ze złożonością przedmiotu badań np. wiele kryteriów, zależności, procesów i danych, z drugiej strony dysponujemy różnorodnością środków realizacji badań np.: metodami analizy systemowej, metodami sztucznej inteligencji, technikami i narzędziami informatycznymi do symulacji, wizualizacji. Warunki prowadzenia badań, złożoność problemu, wielorakość środków i dynamika zmian, skłaniają do poszukiwania nowych procedur badawczych będących połączeniem znanych już metod i technik. Przy czym założono, że skuteczna integracja tych środków powinna przynieść korzystny efekt ich współdziałania (informacyjny efekt synergii).

Fundament integracji źródeł wiedzy w wielokryterialnym systemie wspomaganie decyzji stanowi opracowana przez habilitanta platforma organizacji danych, oparta na notacjach informacyjnych metody wielokryterialnego programowania liniowego (platforma WPL). Główne jej elementy to: możliwość ujmowania w systemie złożonych sytuacji decyzyjnych, ewolucja i tworzenie bazy modeli oraz w szerokim zakresie wykorzystywanie danych numerycznych i lingwistycznych w odwzorowywaniu rzeczywistości. Platforma WPL dobrze systematyzuje organizację struktur informacyjnych i pozwala na wszechstronniejsze korzystanie ze zgromadzonych na jej podstawie zasobów danych przez zintegrowane (w systemie) metody i techniki. Intencja tego rozwiązania (schemat myślowy) pochodzi z pojmowania wspomaganie decyzji jako procesu, w którym na podstawie bazy faktów (danych) identyfikujemy i analizujemy problem, posługując się różnymi metodami odwzorowania, oraz podejmujemy decyzje.

Badania habilitanta, wskazane jako osiągnięcie naukowe pt. „*Integracja źródeł wiedzy w wielokryterialnym systemie wspomaganie decyzji*” można zawrzeć w czterech punktach:

- 1) Specyfikacja metod użytecznych w zarządzaniu (metody: identyfikacji, wielokryterialnej analizy decyzyjnej, wielokryterialnej optymalizacji, analizy danych opartej na zbiorach przybliżonych).
- 2) Budowa platformy organizacji danych, opartej na notacjach informacyjnych metody wielokryterialnego programowania liniowego, na potrzeby zastosowania różnych metod wspomaganie decyzji.
- 3) Architektura informacji i algorytmizacja wybranych metod wielokryterialnych (identyfikacji, analizy i optymalizacji) na potrzeby zastosowań praktycznych.

- 4) Integracja metod w jednolitą procedurę postępowania – hybrydyzacja, tj. połączenie i równoczesne współdziałanie różnych metod w ramach rozwiązywanego problemu (na tych samych danych).

W wyniku badań habilitant uzyskał standaryzowaną procedurę postępowania przy rozwiązywaniu złożonych problemów wielokryterialnych analizy i podejmowania decyzji w zarządzaniu. Opracowaną procedurę oparto na metodologii podejścia systemowego. W badaniach założono paradygmat, który tworzy podstawy opisu wielokryterialnego w postaci: identyfikacji kompetencji osób wspomagających decyzje (np. ekspertów), oszacowania wartości kryteriów oraz preferencji przypisywanych celom postępowania decyzyjnego. Przyjęto również, że główne rozwiązania metodyczne (diagnostyczne i optymalizacyjne) będą funkcjonowały na tej samej kolekcji danych źródłowych, a mechanizmy systemowe stanowić będzie kognitywna normalizacja zmiennych diagnostycznych w ujęciu formalnym, lingwistycznym i graficznym równocześnie.

Kierunek dalszych badań habilitanta związany jest rozszerzeniem zakresu integracji źródeł wiedzy w systemie wspomagania decyzji na obszar zagadnień prognostycznych uwzględniających w wielokryterialnym opisie problemu decyzyjnego czas oraz niepewność. W ramach badań poznawczych zweryfikowano procedurę wielokryterialnej analizy decyzyjnej, którą oparto na rozmytych prognozach wskaźników oceny obiektów (wariantów decyzyjnych) i metodzie NEAT F-PROMETHEE. Zbadano również odporność uzyskanych rankingów na zmianę stopnia niepewności preferencji. Wyniki eksperymentu okazały się korzystniejsze (pewniejsze) po uwzględnieniu w analizie niepewności preferencji.

Geneza i chronologia podjętych badań

W latach 2006-2007 habilitant wziął udział w realizacji serii badań, które miały postać studium przypadków. Dotyczyły one głównie problemu podziału funduszy finansowych pochodzących z Unii Europejskiej i przeznaczonych w formie dotacji na różne cele gospodarcze lub społeczne (Budziński, Becker, Durka 2006; publikację wykazano w punkcie 5.1). W rezultacie badań uzyskano sprawny model programowania liniowego o określonej strukturze (stała liczba zmiennych i warunków opisujących wnioski), w którym wiązkę celów cząstkowych (kryteriów oceny wniosków) sprowadzono do postaci addytywnej funkcji użyteczności. Na bazie tego modelu opracowano system oprogramowania, który pozwalał przetwarzać wnioski o dotacje, kwalifikując je do grupy spełniających wymagania lub odrzuconych. Rozwiązanie to stanowiło dla habilitanta inspirację do przeprowadzenia własnych badań, które polegały na uogólnieniu zadania podziału środków finansowych i opracowaniu elastycznej, wzorcowej struktury modelu matematycznego dla całej klasy podobnych problemów decyzyjnych.

Grę decyzyjną pomiędzy fundatorem a wieloma wnioskującymi o dotacje można zakwalifikować do kategorii zadań, w których dokonuje się podziału pewnej puli środków finansowych na określone cele np.: gospodarcze, społeczne, ekologiczne. Badaną problematykę podziału funduszy z Unii Europejskiej można odnieść do innych obszarów np.: budżetów zadaniowych gmin, podziału środków finansowych NFZ, NCBiR itp. Zwrócono uwagę, że problematyka ta ma charakter postępowania przetargowego, w który kupujący jest w relacji do wielu oferujących produkty lub usługi. W obu wymienionych przypadkach postępowania zawsze po jednej stronie jest dysponent środków finansowych a po drugiej są starający się o te środki wnioskodawcy (dotacjobiorcy lub oferenci). Na kanwie przytoczonych rozważań powstał pomysł budowy systemu generatora modeli decyzyjnych WPL (wielokryterialnego programowania liniowego), który zapewniłby swobodę matematycznego opisu struktury wniosków oraz warunków i kryteriów ich oceny. Założono, że na podstawie zdefiniowanych szablonów modeli decyzyjnych zostaną automatycznie generowane struktury informacyjne baz danych oraz parametryzowane algorytmy (składniki wyspecjalizowanego systemu wspomagania decyzji).

W przypadku przetargu (aukcji odwróconej) należało również wziąć pod uwagę sytuację, w której wnioskodawcy mogliby rywalizować o zasoby na zasadzie licytacji. Istotne było

uwzględnienie ilościowego i jakościowego charakteru danych zasilających modele decyzyjne. Proces merytorycznej oceny wniosków często realizowany jest przy udziale ekspertów. Należało również uwzględnić fakt, że eksperci mogą różnić się poziomem kompetencji wymaganych do oceny określonych wniosków ofertowych. Wymienione przesłanki stanowiły asumpt do podjęcia badań modelowo-projektowych nad systemem wspomaganie decyzji. Ich kilkuletnia kontynuacja zaowocowała wypracowaniem procedury opartej na integracji i współdziałaniu (hybrydyzacji) wybranych metod wspomaganie decyzji jako określonego postępowania badawczego. Syntetyczne i chronologiczne ujęcie zrealizowanych badań oraz uzyskanych rezultatów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Syntetyczne i chronologiczne ujęcie zrealizowanych badań i uzyskanych rezultatów

Okres	Wykonane badania i uzyskane rezultaty
2008	<p><i>Platforma organizacji danych WPL</i> – opracowanie podstaw metodycznych i projektowych budowy platformy organizacji danych opartej na notacjach informacyjnych metody wielokryterialnego programowania liniowego (platforma WPL). Do głównych osiągnięć należą: postać standardowego zadania WPL, projekt generatora zadań WPL oraz procedura walidacji parametrów.</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Platforma zadań decyzyjnych WPL oparta jest na standaryzowanej strukturze informacyjnej, która pozwala na utworzenie szablonu modelu matematycznego dla opisu jednorodnych obiektów (wariantów decyzyjnych). W szablonie uwzględniane są zmienne decyzyjne, warunki ograniczające, cele cząstkowe i parametry techniczno-ekonomiczne, które mogą przyjmować postać zdekomponowaną tworząc dwupoziomą strukturę hierarchiczną (np. kryteriów oceny). Wraz z szablonem określane są również reguły walidacji dla tych parametrów. • Zdefiniowane na platformie szablony modeli matematycznych zawierają metadane, na podstawie których są tworzone struktury informacyjne magazynu danych źródłowych w systemie wspomaganie decyzji (problem decyzyjny -> szablon modelu matematycznego -> struktura magazynu danych). • Algorytm generatora zadań WPL umożliwia transformację rekordów bazy danych, opisujących w zadaniu analizowane obiekty (warianty decyzyjne), do postaci cząstkowych modeli WPL oraz automatyczne połączenie dowolnej ich kolekcji w jeden multimodel. • Przyjęta w systemie wspomaganie decyzji architektura platformy WPL dobrze systematyzuje organizację struktur informacyjnych i pozwala na wszechstronniejsze korzystanie ze zgromadzonych na jej podstawie zasobów danych przez inne zintegrowane (w tym systemie) metody i techniki.
2009	<p><i>Optymalizacja decyzyjna dysponenta</i> – optymalizacyjna procedura oceny obiektów dla dysponenta.</p> <p><i>Procedura odwoławcza beneficjenta</i> – optymalizacyjna procedura odwoławcza przeznaczona dla beneficjentów (reprezentujących warianty decyzyjne w zadaniu), którą zrealizowano w formie iteracyjnego procesu wieloparametrycznej licytacji.</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Przydział obiektów do grupy spełniającej lub grupy niespełniającej warunki zadania ustalone przez dysponenta. • Mechanizm dynamicznej, wieloparametrycznej wyceny obiektów (np. ofert przetargowych). Obiekty wstępnie niezakwalifikowane (odrzucone) w wyniku postępowania optymalizacyjnego mają możliwość poprawy parametrów i ponownej rywalizacji o status zwycięzcy (proces ten ma charakter iteracyjny). <p><i>Symulacje konkurencyjności obiektów</i> – symulacyjna metoda poszukiwania minimalnych wartości korekty kryteriów oceny, gwarantujących konkurencyjność słabo ocenionego wariantu decyzyjnego względem faworytów wyłonionych w ramach optymalizacyjnej procedury odwoławczej.</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <p>Możliwość znalezienia na drodze symulacji scenariuszy uzyskania statusu faworyta przy możliwie jak najmniejszych korektach wartości na kryteriach oceny. Przykłady wykorzystania:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>wspomaganie wieloparametrycznej licytacji ofert sprzedaży</i> – poszukiwanie przez przelicytowanych beneficjentów scenariuszy poprawy oferty i uzyskania statusu dostępu do zasobów dysponenta przy możliwie najmniejszym nakładzie środków własnych, • <i>benchmarking obiektów</i> – wielokryterialne porównywanie obiektów słabiej ocenionych z faworytami w celu wyznaczenia możliwych scenariuszy poprawy ich pozycji (rozwoju, doskonalenia).

2009-2010	<p><i>Zarządzanie bazą ekspertów i modelowanie profili kompetencji</i> – model podsystemu zarządzania kompetencjami ekspertów, który umożliwia dobór ekspertów do oceny obiektów zgodnie z zadeklarowanym profilem kompetencji specjalistycznych (wymaganych w postępowaniu).</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Przyjęta dwupoziomowa struktura kompetencji pozwala na odwzorowanie wielu różnych specjalności eksperckich wymaganych w danym postępowaniu decyzyjnym. • Istnieje możliwość przyporządkowania ekspertowi indywidualnego (zgodnego z jego kompetencjami) zestawu wskaźników (kryteriów) oceny obiektów. • W systemie można porównywać wyniki analizy decyzyjnej pojedynczego eksperta lub grupy ekspertów w dwóch przekrojach, z uwzględnieniem i bez uwzględnienia kompetencji. <p><i>Profile skal punktowo-lingwistycznych (kwantyfikatory)</i> – zagadnienia dotyczące współistnienia danych numerycznych i lingwistycznych w opisie problemów decyzyjnych, które skoncentrowano na rozwiązaniu problemu dwukierunkowej konwersji danych za pomocą kwantyfikatorów lingwistycznych ujętych w postaci rozmytych, porządkowych profili skal.</p> <p><i>Rezultat</i></p> <p>Zastosowanie kwantyfikatorów lingwistycznych umożliwia zasilenie wszystkich włączonych do systemu metod analizy decyzyjnej w dane źródłowe, które mogą być wyrażone w postaci wartości liczbowych oraz wartości lingwistycznych o charakterze porządkowym. Pozwala to uwzględnić wypowiedzi ekspertów, przywracając ich znaczenie w prowadzonych badaniach opartych na metodach ilościowych.</p>
2010-2013	<p><i>Integracja metody AHP i ELECTRE TRI</i> – założono, że obie metody funkcjonują na wspólnym zbiorze obiektów (wariantów decyzyjnych), wartości kryteriów i preferencji. Uzyskiwane wyniki w postaci porządku obiektów oraz przydziału obiektów do zdefiniowanych kategorii znacząco się uzupełniają.</p> <p><i>Rezultaty</i> – uzyskanie efektu synergii obu metod w postaci informacji na temat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • struktury przydziału rankingowanych obiektów do wyznaczonych kategorii jakości (w odniesieniu do wzorcowych profili klas o zasięgu lokalnym lub globalnym), która pozwala na uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania np.: <i>Jaki poziom jakości reprezentuje oceniany zbiór obiektów ze względu na założone kryteria, preferencje i oceny ekspertów? Czy struktura przydziału obiektów do klas jakości jest zgodna z porządkiem uzyskanym w rankingu? Jaką kategorię stanowią faworyci rankingu, czy są to wysoko, przeciętnie, a może nisko preferowane obiekty?</i> • porównywalności rankingowanych obiektów – metoda AHP zakłada porównywalność obiektów, natomiast ELECTRE TRI ujawnia ewentualne niejednoznaczności występujące w danych opisujących obiekty (wykazuje nieporównywalność obiektu z wyznaczonymi profilami klas). <p><i>Generowanie reguł decyzyjnych</i> – włączenie do systemu wspomagania decyzji algorytmów metod wywodzących się z teorii zbiorów przybliżonych, polegających na indukcji reguł decyzyjnych na zbiorze obiektów (wariantów decyzyjnych). Oparcie algorytmu metody dyskretyzacji danych na funkcjonującym w systemie mechanizmie dwukierunkowej konwersji danych lingwistycznych i numerycznych (zastosowanie profili skal punktowo-lingwistycznych).</p> <p><i>Rezultaty</i> – uzyskano możliwość:</p> <ul style="list-style-type: none"> • znalezienia nowych, potencjalnie użytecznych reguł decyzyjnych (pewnych i przybliżonych) na podstawie kryteriów oceny obiektów (pełniących rolę atrybutów warunkowych) względem wybranego atrybutu decyzyjnego, • przeprowadzenia analizy wpływu różnych poziomów szczegółowości dyskretyzacji danych na liczbę znalezionych sensownych i wiarygodnych reguł decyzyjnych (np. mniejsza liczba przedziałów dyskretyzacji powinna skutkować znalezieniem prawidłowości odznaczających się ogólniejszą treścią i większym pokryciem zbioru obiektów). <p><i>Identyfikacja i wyceny ekonometryczne</i> – procedura oparta na analizie regresji wielorakiej, której parametry szacowane są metodą najmniejszych kwadratów. Jeżeli uzyskane w wyniku obliczeń, dla wskazanej zmiennej objaśnianej, równanie regresji charakteryzuje wysoka ścisłość związków, to jest ono wykorzystane do wyceny wrażliwości każdego obiektu na zmiany wartości parametrów kryterialnych (traktowanych jako zmienne objaśniające).</p> <p><i>Rezultat</i></p> <p>Uzyskano możliwość porównania dla każdego obiektu jego rzeczywistej wartości zmiennej objaśnianej z wartością teoretyczną obliczoną z modelu regresji. Wykazane różnice między tymi wartościami</p>

	<p>pozwalają zidentyfikować obiekty niedowartościowane i przewartościowane w odniesieniu do uzyskanej przez nie wielokryterialnej oceny w rankingu (AHP/ANP).</p>
2013-2014	<p><i>Pulpit decyzyjny</i> – opracowanie podstaw metodycznych i projektowych interaktywnego systemu, na którym w sposób łączny, przez pryzmat kilku metod, oceniane są obiekty, a prezentowane wyniki mają charakter kognitywny (wyrażone są za pomocą wartości lingwistycznych i spektrum barw).</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <p>Komplementarne metody wspomaganie decyzji funkcjonują w ramach pulpitu na zasadzie konsylium ekspertów diagnozujących stan badanych obiektów. System prezentuje i agreguje wyniki różnych metod w celu uzyskania ogólnego poglądu (diagnozy) na temat określonego obiektu względem badanej zbiorowości. Diagnoza może dotyczyć również obiektu spoza tej zbiorowości, tymczasowo wprowadzonego na pulpit (np. ocena kandydata do pracy na tle załogi pracowniczej).</p>
2014-2015	<p><i>Monografia naukowa</i>¹ – zebranie dotychczasowych wyników prac badawczo-projektowych i opublikowanie w formie książkowej.</p> <p><i>Aneks monografii</i> – praktyczna weryfikacja rozwiązań modelowych i projektowych.</p> <p>W celu zweryfikowania założeń modelowych i koncepcji projektowych zbudowano, w ramach pracy zespołowej (Becker J. i Budziński R.), prototyp hybrydowego systemu wspomaganie decyzji. W aneksie¹ zawarto autorskie fragmenty badań wykorzystujące prototyp. Pochodzą one z trzech artykułów naukowych opublikowanych przed wydaniem monografii. Na praktycznych przykładach zilustrowano użyteczność zaproponowanych w monografii rozwiązań w zakresie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • budowy struktur informacyjnych modeli WPL dla zadania decyzyjnego (przykład A), • wielokryterialnej analizy decyzyjnej wniosków składanych przez rolników starających się o pomoc finansową na działalność związaną z produkcją mleka (przykład B), • wielokryterialnej i multimetodycznej oceny pracowników (przykład C). <p>¹ Becker J. (2015), <i>Integracja źródeł wiedzy w informatycznym systemie wspomaganie decyzji (podstawy metodyczne i projektowe)</i>, Wydawnictwo Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Gorzowie Wielkopolski, Gorzów Wielkopolski.</p>
2016-2018	<p><i>Standaryzowana struktura modelu decyzyjnego ANP</i>² – opracowanie i zweryfikowanie modelu decyzyjnego o strukturze sieciowej, w którym ocena wariantów decyzyjnych na zbiorze kryteriów zależy nie tylko od wypowiedzi ekspertów, ale również od poziom ich kompetencji. Poza tym rozważa się w nim możliwość uwzględnienia preferencji dla kryteriów ustalanych przez: decydenta, ekspertów lub beneficjentów reprezentujących obiekty (warianty decyzyjne). Działanie modelu zweryfikowano na przykładzie oceny pracowników.</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Wyniki eksperymentu² potwierdziły, że zaproponowana sieciowa struktura modelu decyzyjnego może być reprezentowana w komputerowym systemie wspomaganie decyzji i dostarczana użytkownikom w postaci gotowej propozycji (wzorca). • Na etapie dalszych badań zintegrowano strukturę modelu decyzyjnego ANP z innymi metodami w prototypowej wersji systemu wspomaganie decyzji (DSS 3.0). Wyniki tych badań zamieszczono we współautorskiej monografii naukowej³ o charakterze przewodnika metodyczno-wdrożeniowego. <p>² Becker J., Becker A., Sałabun W. (2017), <i>Construction and Use of the ANP Decision Model Taking into Account the Experts' Competence</i>, op. cit., <i>Procedia Computer Science</i>, 112: 2269-2279 (DOI: 10.1016/j.procs.2017.08.145).</p> <p><i>Współautorska monografia naukowa</i>³ – opracowanie książkowe o charakterze przewodnika metodyczno-wdrożeniowego, w którym opublikowano wyniki wieloletnich prac badawczo-rozwojowych nad prototypową wersją hybrydowego systemu wspomaganie decyzji – DSS 3.0.</p> <p><i>Efekty budowy prototypu i przewodnika metodyczno-wdrożeniowego</i></p> <p>Budowa prototypu umożliwiła zastosowanie i zweryfikowanie w praktyce rezultatów prac badawczych autora nad modelem integracji źródeł wiedzy w informatycznym systemie wspomaganie decyzji (opracowaniem podstaw metodycznych i projektowych do budowy hybrydowej struktury systemu). Wyniki obliczeń przeprowadzane przy użyciu prototypu (w ramach udostępnionej w nim procedury badawczej) były wykorzystywane głównie w ramach prac licencjackich, magisterskich i doktorskich, objęły także praktykę biznesową i medyczną (zlecenia pozaakademickie). Krótkie charakterystyki dla dwunastu wybranych zastosowań prototypu zamieszczono w aneksie monografii współautorskiej³.</p> <p>³ Budziński R., Becker A., Becker J. (2018), <i>Wielokryterialne wspomaganie decyzji w systemie DSS 3.0 (metody i architektura systemu informatycznego)</i>, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.</p>

2018-2019	<p><i>Niepewność kryteriów, preferencji i prognoz</i> – badania pilotażowe, które mają na celu ukierunkowanie modelu integracji metod w systemie wspomaganie decyzji na obszar zagadnień prognostycznych uwzględniających czas oraz niepewność w opisie wariantów decyzyjnych.</p> <p>W ramach współpracy naukowej⁴ opracowano procedurę oceny oraz prognozowania opartego na liczbach rozmytych i metodzie NEAT F-PROMETHEE. Procedurę zrealizowano w postaci frameworka. Uwzględniono w nim rozmycie, a więc również niepewność: danych wejściowych reprezentujących wartości kryteriów oceny, preferencji reprezentujących przewagę jednego obiektu nad innym, czasu wystąpienia danej prognozowanej wartości. Przedmiotem badania było zjawisko przepaści cyfrowej, natomiast obiektami analizy kraje byłego bloku wschodniego należące do Unii Europejskiej.</p> <p><i>Rezultaty</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Opracowany framework definiuje strukturę dla podsystemu wspomaganie decyzji oraz weryfikuje ogólny mechanizm jego działania. • W ramach frameworka zbadano również odporność uzyskanych rankingów na zmianę stopnia niepewności preferencji. Nieuwzględnienie w analizie niepewności preferencji decydenta skutkowało zwiększeniem obszaru niepewności uzyskanych na wyjściu zagregowanych, rozmytych ocen. <p>-----</p> <p>4 Ziemia P., Becker J. (2019), <i>Analysis of the digital divide using fuzzy forecasting</i>, <i>Symmetry</i>, 11(2), 166 (DOI:10.3390/sym11020166).</p>
-----------	--

Omówienie problemu badawczego, celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

Podjęcie ilościowe we wspomaganie decyzji, dominujące w literaturze, mimo niewątpliwych zalet ma wiele ograniczeń w zastosowaniach praktycznych. W podejściu tym nie docenia się czynników, które leżą u podstaw zachowania człowieka oraz nie uwzględnia się jego społecznych uwarunkowań w budowanych modelach decyzyjnych. Brak zdolności do zapewnienia syntezy sformalizowanych metod z rzeczywistą działalnością człowieka doprowadził do powstania luki między teorią a praktyką. Rozwiązaniem tego problemu zaczęto poszukiwać w obszarach behawioralnej teorii podejmowania decyzji (wyjaśniającej podejmowane w praktyce decyzje i odnoszonej przede wszystkim do teorii organizacji i zarządzania), co z uwagi na jej objaśniający charakter (wyjaśnia podjęcie decyzji, zaś nie zaleca, jaką decyzję podjąć) czyni to podejście mało skutecznym. Połączenie wspomnianych stanowisk na pewno wzbogaca trafność decydowania. Dlatego dąży się do integrowania wielu metod w jednym obszarze wspomaganie decyzji. Mamy zatem do czynienia z postępującym procesem konsolidacji obydwu obszarów racjonalizacji decyzji, behawioralnego i ilościowego, w spójny proces użyteczny dla teoretyków i praktyków. Na powyższe nakłada się całkowicie nowe podejście do odwzorowywania rzeczywistości. Kacprzyk wskazuje, że „*podejmowanie decyzji jest właściwie procesem kognitywnym i myślowym, który ma na celu wybranie jakiejś opcji z możliwych*”. Według Kacprzyka „*ostatecznym kryterium jakości modeli i rozwiązań jest akceptacja człowieka*”.³ Prowadzi to jego zdaniem do poszukiwania nowych rozwiązań w obszarach tzw. neuroekonomii. Można tu przytoczyć naturalną procedurę, której główne etapy to: „*czym się kierują ludzie, wybierając cokolwiek, jakie mają przy tym preferencje oraz jakie tworzą profile w zarządzaniu*”. Ostatni etap jest podstawą organizacji działania prawie każdego przedsiębiorstwa. Czyni to zasadnym dążenie do szerszego ujęcia problemów ekonomii behawioralnej w rozwiązaniach informatycznych wspomagających decyzje. Problem w sferze teoretycznej jest oczywisty i możliwy do opisanie. Tylko jak wszystko zorganizować dla zastosowań praktycznych w jednym systemie informatycznym wspomaganie decyzji?

Złożoność opisu sytuacji decyzyjnej powoduje, że trudno jest o metodę uniwersalną, której możemy przypisać możliwości najlepszego rozwiązania postawionego problemu decyzyjnego. Literatura przedmiotu na temat podjętego w badaniach zagadnienia integracji metod zawiera przede wszystkim omówienie podejść hybrydowych. Przykładem jest zastosowanie procedury AHP oraz PROMETHEE do wyboru strategii outsourcingu systemu informatycznego, przedstawionej w pracy

³ Kacprzyk J. (2010), *Zachłanność i sprawiedliwość w podejmowaniu decyzji: czego nas uczy neuroekonomia?* Referat wygłoszony na XI konferencji naukowej Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych w Bydgoszczy, 20-22 września 2010 r., s. 3.

Wanga i Yanga⁴. Autorzy zdekomponowali problem do postaci wielopoziomowej hierarchii (AHP), następnie zastosowali metodę PROMETHEE do sporządzenia rankingów wariantów decyzyjnych z punktu widzenia każdego kryterium. Podobne połączenie metod, TOPSIS i AHP, proponują Rao i Davim⁵. AHP w tej konfiguracji wspiera proces decyzyjny efektywną procedurą odkrywania względnych ważności wielu różnych atrybutów pod kątem zdefiniowanego celu. W pracy De Almeida⁶ przedstawiono praktyczne połączenie modelu relacyjnego (metoda ELECTRE) z modelem funkcjonalnym (metoda MAUT). Problem dotyczy wspomagania decyzji wyboru dostawcy usług outsourcingu. W badaniu, dla każdego celu podlegającego maksymalizacji, tworzona jest odrębna funkcja użyteczności. Następnie obliczone wartości tych funkcji są wykorzystane w procedurze decyzyjnej ELECTRE. Kolejne interesujące podejście do integracji metod przedstawiono w pracy Brans'a i Mareschal'a⁷. Autorzy zastosowali metodę PROMETHEE II oraz programowanie liniowe (PL). Uzyskany na wyjściu metody PROMETHEE II ranking wraz z tzw. strumieniami netto jest wykorzystywany do konstrukcji binarnego zadania PL z ograniczeniami. Rezultatem optymalizacji tego układu matematycznego jest zbiór alternatyw, które spełniają warunki ograniczające i zapewniają maksymalną wartość przepływu strumienia. Przeprowadzone w publikacjach dyskusje wskazują, że otrzymane drogą hybrydyzacji wyniki cechują się lepszą jakością odwzorowania i pełniejszą treścią (większą nośnością informacyjną) uzyskanych wyników.

Metody różnią się od siebie między innymi zapotrzebowaniem na dane. Odnosi się wrażenie, że tyle powinno być kolekcji danych, ile stosujemy metod odwzorowania. Istnieje pewien dylemat w relacji dane – decyzje, który nasuwa dwa zasadnicze pytania. Czy zasób danych kreuje decyzje? Czy decyzje wymuszają gromadzenie określonych danych? Ważnym zagadnieniem jest, jaką notację w organizacji zasobów faktograficznych należy zastosować, aby wyczerpująco opisać sytuacje decyzyjne, a także jak to rozwiązać, aby praktycy mogli się nią posłużyć? Przyjmuje się, że oryginalnym rozwiązaniem, celem podnoszonym w pracy, jest budowa platformy organizacji danych opartej na notacjach informacyjnych metody wielokryterialnego programowania liniowego (WPL). Założono, że struktura tego zapisu – poprzez pełniejszy opis sytuacji decyzyjnej (kolekcje zmiennych decyzyjnych, łączących je bilansów i ograniczeń oraz wielokryterialną funkcję celu) – stanowi podstawę do wykorzystania również szerszej kolekcji wielu metod równocześnie.

* * *

W pracy weryfikowano hipotezę, że budowa wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji, oparta na wykorzystaniu architektury zadań decyzyjnych WPL (notacji informacyjnej wielokryterialnego programowania liniowego) dobrze systematyzuje organizację struktur informacyjnych (zasobów danych z zakresu celów i warunków działania oraz kompetencje wypowiadających sądy ekspertów). Pozwala to na wszechstronniejsze korzystanie ze zgromadzonych na jej podstawie zasobów danych przez inne zintegrowane (w tym systemie) metody i techniki wspomagania decyzji.

Celem badań było opracowanie podstaw metodycznych oraz projektowych integracji źródeł wiedzy (danych pomiarowych, opinii eksperckich i kolekcji wybranych metod) w wielokryterialnym systemie wspomagania decyzji w ważnym momencie procesu informacyjno-decyzyjnego, jakim jest gra decyzyjna, podczas której dąży się do oceny dostępnych rozwiązań i wybór najlepszych z nich. W zakresie realizacji celu wyznaczono dwa główne zadania.

⁴ Wang J.-J., Yang D.-L. (2007), *Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing*, Computers & Operations Research, Dec., 34:3691-3700.

⁵ Rao R., Davim J. (2008), *A decision-making framework model for material selection using a combined multiple attribute decision-making method*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 35:751-760.

⁶ De Almeida A. T. (2007), *Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method*, Computers & Operations Research, 34:3569-3574.

⁷ Brans J. P., Mareschal B. (2005), *Promethee Methods*, [in:] Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (eds.), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer Science, Boston, pp. 163-195.

W pierwszym zadaniu zaplanowano opracowanie systemu, który pozwoli na równoczesną optymalizację wielokryterialnego wyboru obiektów oraz ich wewnętrzne dopasowywanie do rozpatrywanej sytuacji decyzyjnej na zasadzie wieloparametrycznej licytacji (tj. automatycznego aktualizowania parametrów obiektu w trakcie procesu wyboru). Przy czym założono, że rozwiązanie to musi być ergonomiczne, pomimo zastosowania zaawansowanych metod ma być zrozumiałe dla użytkowników, a uzyskane za jego pomocą wyniki nie powinny budzić sprzeciwu uczestników gry decyzyjnej (np. w ramach procedur odwoławczych trybu przetargowego).

Drugie zadanie polegało na opracowaniu rozwiązania, które pozwoliło uzupełnić proces decyzyjny zastosowaniami innych komplementarnych metod. Dążono do budowy modelu wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji (SWD, ang. *Decision Support System* – DSS) opartego na formalizacji danych, która umożliwiłaby automatyczne formułowanie struktur odbiegających od modeli WPL i przywoływanie do ich rozwiązania innych komplementarnych metod interpretacji. Założono, że uzyskana struktura informacyjna pozwoli na łączenie metod jako nowych hybryd odwzorowania. Poza tym postulowano, że należy odejść od posługiwania się w obliczeniach tylko liczbami i dążyć do rozszerzania nośności informacyjnej uzyskiwanych wyników poprzez łączenie informacji będącej efektem pomiaru z interpretacją ekspercką.

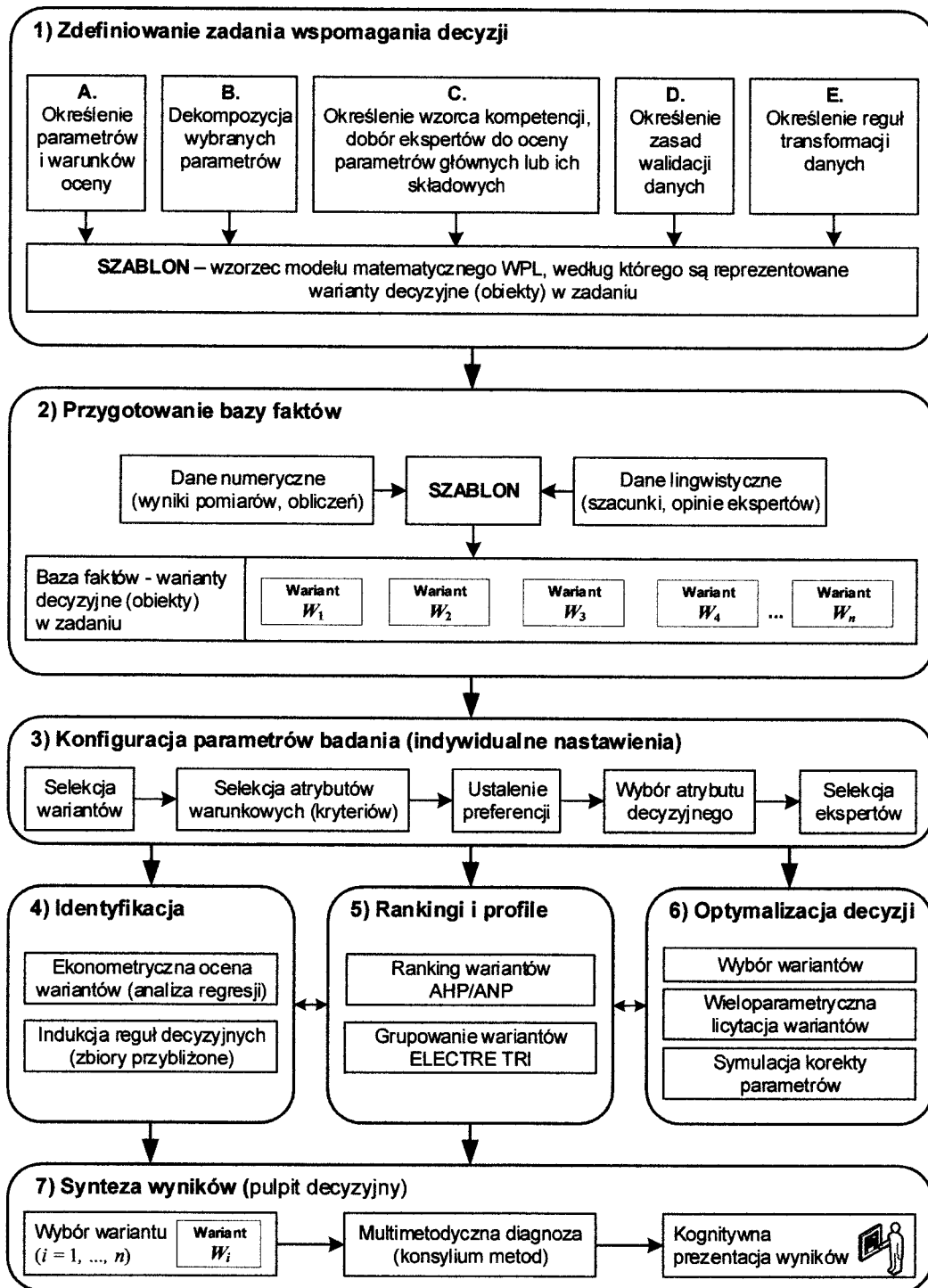
Zakres funkcjonalny wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji określono jako rozwiązywanie zadań decyzyjnych, związanych z wielokryterialnym wyborem, grupowaniem (sortowaniem) i porządkowaniem (rangowaniem) wariantów decyzyjnych (zdarzeń, rzeczy) o jednorodnej strukturze oraz analizą i oceną *ex post* uzyskanych wyników postępowania decyzyjnego. Należy nadmienić, że działanie to może mieć charakter formalny, przybierający postać usankcjonowanej prawnie procedury, lub mniej oficjalny, poznawczy, gdzie decydent jest wielokrotnie wspomagany na drodze symulacji. Fakt, że teoria decyzji tworzy podstawy metodyczne dla analizy i generowania rozwiązań najlepszych nie stanowi o użyteczności systemu informatycznego w praktyce. W rzeczywistości potrzeby zarządzania przekładają się na zasadnicze uwarunkowania (determinanty), które należało wziąć pod uwagę w konstrukcji systemu wspomaganie decyzji, mianowicie:

- *wieloetapowość* – proces decyzyjny może przebiegać w ramach jednego lub wielu etapów,
- *wielokryterialność* – decyzje mogą być rozpatrywane z punktu widzenia dowolnej liczby kryteriów,
- *struktura kryteriów* – prosta (wektor kryteriów), złożona (zależności hierarchiczne lub sieciowe),
- *reprezentacja kryteriów* – w formie liczbowej lub słownej; zastosowanie kwantyfikatorów lingwistycznych opartych na funkcjach przynależności, które służą do konstrukcji profili skal proporcjonalnych (liniowych) i nieproporcjonalnych (nieliniowych),
- *decydenci, eksperci i ich kompetencje* – decyzje mogą być podejmowane przez jednego lub grupę decydentów, dodatkowo pewne parametry decyzji (wariantów decyzyjnych) mogą być opiniowane przez eksperta bądź grupę ekspertów o wymaganym poziomie kompetencji,
- *skala problemu decyzyjnego* – problemy małej skali związane z rozstrzygnięciem decyzji obejmującej od kilku do kilkunastu wariantów decyzyjnych (np. wybór i zakup samochodu) lub problemy masowe dotyczące rozpatrzenia kilku dziesiątek lub setek wariantów (np. wnioski o dofinansowanie),
- *elastyczność wariantów decyzyjnych* – procedura decyzyjna może przebiegać jednokrotnie zaczynając od zdefiniowania problemu, poprzez określenie wariantów i ich wybór lub może mieć charakter iteracyjny, który umożliwia modyfikację wartości charakteryzujących warianty w czasie gry decyzyjnej (mechanizm wieloparametrycznej licytacji),
- *lingwistyka danych* – dane mogą być formułowane w postaci liczbowej z badań empirycznych lub słownej opinii ekspertów o znanych (udokumentowanych) kompetencjach.

W badaniach przyjęto założenie, że dąży się do budowy wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji o jak najwyższym, racjonalnym poziomie elastyczności (uniwersalności) funkcji i procedur wspomagania. Racjonalność wiąże się z uwzględnieniem sytuacji decyzyjnych, których złożoność można formalnie skwantyfikować i odwzorować za pomocą metod naukowych oraz narzędzi i technik komputerowych. Środkiem do tego celu jest integracja odpowiednich metod w systemie informatycznym. Polega ona na uzbrojeniu procesu analizy decyzyjnej, na każdym jego etapie, w komputerowe algorytmy metod, które w ramach określonego problemu wykorzystują jeden wspólny zasób metadanych i danych wejściowych (numerycznych lub lingwistycznych). Konsekwencją integracji różnych metod ilościowych i jakościowych w jednym systemie jest inżynieria oparta na interdyscyplinarnym podejściu, które łączy kwantytatywne i behawioralne aspekty teorii decyzji w kompleksowy, spójny i użyteczny proces wspomagania decyzji.

Proces informacyjno-decyzyjny w systemie można przedstawić w postaci procedury badawczej (rys. 1). Został on podzielony na siedem etapów (tematycznych grupy), do których przypisano stosowne działania, techniki i metody odwzorowania:

- 1) *Zdefiniowanie zadania wspomagania decyzji* – określenie składników struktury wzorca (szablonu) modelu matematycznego dla opisu wariantów decyzyjnych zgodnie z przyjętą platformie WPL notacją informacyjną oraz zdefiniowanie zasad ich walidacji. Etap ten uzbrojono w specjalne techniki algorytmiczne, które mają na celu potwierdzenie w sposób udokumentowany i zgodny z założeniami, że zastosowane w systemie dane, procedury, procesy i czynności rzeczywiście prowadzą do zaplanowanych wyników. Podstawą skutecznej walidacji jest formalnie przyjęty system informacyjny, w ramach którego funkcjonują procedury pozwalające na wycenę każdego parametru określonego w zadaniu. Do ważnych działań realizowanych na tym etapie należy zaliczyć:
 - określenie *parametrów i warunków oceny* – atrybutów decyzyjnych, warunkowych (w tym kryteriów oceny) oraz ograniczeń zadania decyzyjnego;
 - możliwość *dekompozycji parametru* na składniki (np. kryteria -> subkryteria) podlegające ocenie na drodze pomiaru lub wypowiedzi eksperckich;
 - opcjonalne określenie *wzorca kompetencji* wymaganych w zadaniu oraz dobór na jego podstawie grupy osób (ekspertów), którzy mogą oceniać parametr główny lub składowe tego parametru w postępowaniu decyzyjnym;
 - określenie *zasad walidacji danych* – przedziału dopuszczalnych wartości dla każdego parametru oceny oraz wybór skali ocen opartej na wybranym kwantyfikatorze lingwistyczno-graficznym (słowno-kolorystycznym);
 - zastosowanie *programatora systemowego*, który umożliwia budowę funkcji zawierającej warunki logiczne i działania arytmetyczne przekształcające wartość parametru do postaci wymaganej (np. binarnej) w zadaniu wspomagania decyzji.
- 2) *Przygotowanie bazy faktów* – pozyskiwanie danych z rzeczywistości w postaci pomiarowej (dane liczbowe) i lingwistycznej (dane słowne) przy użyciu skali ocen opartej na wybranym kwantyfikatorze lingwistyczno-graficznym. W systemie przewidziano możliwość wprowadzania danych z ankiet i arkuszy.
- 3) *Konfiguracja parametrów badania* – możliwość utworzenia indywidualnych nastawień dla badania, obejmujących selekcję (spośród dostępnych w zadaniu): wariantów decyzyjnych, atrybutów warunkowych (kryteriów oceny), jednego atrybutu decyzyjnego, ekspertów oraz określenie (lub modyfikację) preferencji.



Rys. 1. Procedura badawcza w wielokryterialnym systemie wspomaganie decyzji

- 4) *Identyfikacja*, wyjaśnianie nieokreśloności, w ujęciu analizy regresji wielorakiej opartej na metodzie najmniejszych kwadratów (MNK) oraz analizy danych, u podstaw której znajduje się teoria zbiorów przybliżonych (TZP).
- 5) *Rankingi i profile*, w których zastosowano połączenie dwóch podejść związanych z dorobkiem szkół: amerykańskiej (AHP/ANP) i europejskiej (ELECTRE TRI). Umożliwiają one analizę preferencji ocenianych obiektów, tworzenie ich rankingów oraz profili (grup) dla potrzeb na przykład analiz marketingowych czy rozdziału zasobów.

- 6) *Optymalizacja decyzji wielokryterialnych* – realizowana z punktu widzenia dysponenta ustalającego zasady dostępu do zasobów (np. warunki przetargu lub dofinansowania) oraz z perspektywy beneficjentów, którzy poszukują na drodze symulacji rozwiązań dających większe szanse uzyskania tych zasobów (np. wygrania przetargu, znalezienia się na liście dotacyjnej).
- 7) *Synteza wyników* – integracja wyników uzyskanych różnymi metodami (w pkt.: 3, 4 i 5 procedury) w celu uzyskania ogólnego poglądu (wyniku diagnozy) na temat określonego obiektu w odniesieniu do badanej zbiorowości. Kognitywna prezentacja wyników za pomocą kwantyfikatorów lingwistyczno-graficznych (słów, kolorów).

Przedstawione fazy (rys. 1) ilustrują proces integracji i współdziałania wybranych technik i metod wspomaganie decyzji jako określonego postępowania badawczego, które odpowiada naturalnemu procesowi decyzyjnemu, mianowicie: po zdefiniowaniu problemu, na podstawie bazy faktów (danych) wywodzimy wnioski i podejmujemy decyzje prawie na wszystkich szczeblach zarządzania.

Podstawy metodyczne i projektowe budowy wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji (zasadnicza część rezultatów badań habilitanta wykonanych w latach 2008-2014) zawarto w monografii naukowej pt. „*Integracja źródeł wiedzy w informatycznym systemie wspomaganie decyzji*” (Becker J. 2015) – wskazanej jako osiągnięcie habilitanta wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W rozprawie ukazano postać modelową systemu. Z uwagi na konieczność udokumentowania spójnego i kompleksowego procesu integracji wielu elementów systemu (danych, metod i wyników) zdecydowano się na zastosowanie w opisie modelu jednej, wspólnej notacji matematycznej. Z jednej strony złożoność zapisów może niektórym czytelnikom utrudniać lekturę, jednak z drugiej, wprowadzona kompleksowość oznaczeń sprzyjała procesowi prototypowania hybrydowego systemu (praktycznej realizacji i weryfikacji złożenia modelu). Dotyczyło to szczególnie integracji metod, którym należało zapewnić sprawną koegzystencję na wspólnym zbiorze danych w celu rozwiązania zadanego problemu decyzyjnego. Przykłady problemów rozwiązanych przy użyciu prototypu zamieszczono w aneksie monografii. Specyfikacja rozdziałów rozprawy i ogólnych treści w nich zawartych jest następująca.

W rozdziale pierwszym dokonano przeglądu literatury światowej w zakresie dorobku głównie metod ilościowych i ich stosowalności w praktyce. Szczególną uwagę zwrócono na metody klasyczne optymalizacji wielokryterialnej. Dalej scharakteryzowano metody oparte na relacji przewyższenia i funkcji użyteczności oraz teorii zbiorów przybliżonych (identyfikacja lingwistyczna). W części końcowej przedstawiono krótki zarys metody klasyfikacji, bazującej na ekonometrycznej analizie efektywności.

Rozdział drugi jest kluczowy dla koncepcji systemu informatycznego wspomaganie decyzji, opartego na notacji WPL. Zawiera on formalny opis budowy szablonu modelu matematycznego, na podstawie którego powstają cząstkowe modele decyzyjne reprezentujące obiekty wyboru. W dalszej części przedstawiono proces tworzenia z modeli cząstkowych rekordów bazy danych, operację łączenia ich w modele nadrzędne (tzw. multimodele), etap ich rozwiązywania i edycji wyników oraz funkcje zarządzania bazą szablonów modeli matematycznych.

W rozdziale trzecim przedstawiono funkcje powoływania zadań decyzyjnych oraz różne techniki wprowadzania danych źródłowych. Zasadniczą część stanowi formalizacja projektów rozwiązań edycyjnych. W tym zakresie omówiono wykorzystanie technik optymalizacji WPL do modelowania rozwiązań z punktu widzenia interesu dysponenta zasobów. Następnie z perspektywy procedury odwoławczej beneficjentów (utożsamianych z obiektami), dla których opracowano algorytmy poszukujące na drodze symulacji scenariuszy uzyskania status dostępu do zasobów dysponenta przy możliwie jak najmniejszym nakładzie środków własnych. Kolejną obszerną część formalizacji rozwiązań edycyjnych zajmują funkcje analizy decyzyjnej obiektów realizowane przy użyciu

określonej kolekcji metod. Przedstawiono tu operacje preselekcji obiektów i wspólnych parametrów analizy. Następnie skoncentrowano się na procedurach: (1) rankingu i wyboru obiektów opartego na metodzie AHP lub prostej, addytywnej metodzie wagowej, (2) grupowania obiektów na podstawie relacji przewyższenia metodą ELECTRE TRI, (3) generowania reguł decyzyjnych na zbiorze obiektów w ramach zastosowania teorii zbiorów przybliżonych oraz (4) identyfikacji i wyceny ekonometrycznej badanych obiektów. W ostatnim bloku funkcji analizy decyzyjnej zaprezentowano procesy syntezy wyników uzyskanych za pomocą poszczególnych metod oraz kompleksowej oceny obiektów (diagnoza i referencje) na pulpicie decyzyjnym w formie kognitywnej prezentacji z zastosowaniem spektrum barw. W końcowej części rozdziału przedstawiono funkcje archiwum raportów, które są generowane z modułu rozwiązań decyzyjnych WPL oraz analiz i klasyfikacji obiektów.

W rozdziale czwartym zaprezentowano rozwiązania metodyczne, stosowane zasady i postulaty, dzięki którym główne zasoby danych źródłowych (parametry techniczno-ekonomiczne w bazie modeli) mogą być wyrażane nieprecyzyjnie, za pomocą słów lub precyzyjnie przy użyciu liczb przez wielu ekspertów z uwzględnieniem (bądź bez rozpatrywania) poziomu ich kompetencji w wartościowaniu parametrów. Dokładnie omówiono procedurę modelowania profili kompetencji ekspertów kwalifikowanych do zespołów doradczych w ramach określonych zadań decyzyjnych oraz wyjaśniono proces definiowania kwantyfikatorów lingwistycznych, ujętych w postaci profili skal punktowo-lingwistycznych.

Zakończenie rozprawy stanowi ustosunkowanie się autora do postawionej hipotezy naukowej, podsumowanie uzyskanych rozwiązań metodyczno-projektowych oraz propozycja kierunków badawczych, związanych z rozwojem zaproponowanego systemu wspomaganie decyzji.

W rozprawie weryfikowano pogląd, że budowa systemu informatycznego wspomaganie decyzji, oparta na wykorzystaniu architektury zadań decyzyjnych WPL, dobrze systematyzuje organizację struktur informacyjnych i pozwala na wszechstronniejsze korzystanie ze zgromadzonych na jej podstawie zasobów danych przez inne z informatyzowanych (w tym systemie) metody i techniki wspomaganie decyzji. Uzasadnieniem dla tak sformułowanej hipotezy jest przyjęta w pracy elastyczna struktura informacyjna szablonu modelu matematycznego (oparta na notacjach WPL), która pozwala na wyczerpujące opisanie obiektów analizy (wariantów decyzyjnych) za pomocą dowolnej liczby atrybutów warunkowych i decyzyjnych. Umożliwia ona również zdefiniowanie lokalnych (wewnętrznych) uwarunkowań dopuszczalności obiektów (np. reguły binarne) oraz globalnych ograniczeń, które nakładane są na sumy wartości wskazanych cech obiektów (wyrażonych w modelu za pomocą zmiennych i parametrów techniczno-ekonomicznych). Szablon modelu matematycznego definiowany jest dla całego zadania. Na jego podstawie przetwarzane są dane o obiektach. Służy on do wykreowania zbioru metadanych (repozytorium) niezbędnych dla utworzenia bazy danych (faktów), które podawane są na wejścia zastosowanych w systemie komplementarnych metod wspomaganie decyzji.

Za elementy nowości w przedstawionej w rozprawie konstrukcji systemu wspomaganie decyzji należy uznać:

- oryginalną strukturę informacyjną (platformę) opartą na notacji metody WPL zapewniającą wszechstronny opis sytuacji decyzyjnej i zastosowanie na jej podstawie wielu metod,
- algorytm metody umożliwiającej transformację rekordów bazy danych, opisujących w zadaniu analizowane obiekty, do postaci cząstkowych modeli WPL oraz automatyczne połączenie dowolnej ich kolekcji w formie *multimodelu*,
- technikę dwukierunkowej konwersji danych, którą oparto na wykorzystaniu kwantyfikatorów lingwistycznych; polega ona na przekształceniu precyzyjnych wartości liczbowych do postaci nieostrych wartości lingwistycznych o charakterze porządkowym (np. w celu zastosowania metod indukcji reguł decyzyjnych); konwersja w drugą stronę pozwala uwzględnić

lingwistyczne oceny ekspertów, przywracając ich znaczenie, w prowadzonych badaniach opartych na metodach ilościowych,

- procedurę modelowania profili kompetencji ekspertów kwalifikowanych do zespołów doradczych w ramach określonych zadań decyzyjnych, która umożliwi włączenie procesu walidacji kompetencji ekspertów w udzielanych przez nich wypowiedziach (czyli uwzględnienie poziomu kompetencji w wartościowaniu parametrów obiektu), co wpływa pozytywnie na wiarygodność wyników całej analizy decyzyjnej,
- optymalizacyjny mechanizm wielokryterialnej licytacji obiektów oraz symulacyjną technikę pozwalającą na poszukiwanie dla przeliczowanego obiektu wektora minimalnych wartości korekty parametrów kryterialnych, które będą konkurencyjne względem obiektów najlepszych,
- informacyjny efekt synergii metod (działających w ramach problemu decyzyjnego, na wspólnym zbiorze danych), porządkującej obiekty AHP i grupującej je do wyznaczonych kategorii ELECTRE TRI; pozwala to w prosty sposób (opierając się na przydziale obiektów do wyznaczonych kategorii) ocenić strukturę jakości rankingowanych obiektów oraz zwrócić uwagę na ewentualne niejednoznaczności występujące w wartościach danych opisujących obiekty, które powodują nieporównywalność z wyznaczonymi profilami klas (metoda ELECTRE TRI weryfikuje nieporównywalność obiektów, która wymagana jest w metodach AHP i ANP),
- identyfikację i wyceny ekonometryczne obiektów (procedura oparta na analizie regresji wielorakiej) odniesione do wyników analizy wielokryterialnej (AHP i ELECTRE TRI); w przypadku uzyskania poprawnego statystycznie modelu regresji uzyskano możliwość obliczenia dla każdego obiektu odchylenia jego rzeczywistej wartości zmiennej objaśnianej od wartości teoretycznej (obliczonej z modelu); wykazane różnice między tymi wartościami pozwalają zidentyfikować obiekty niedowartościowane i przewartościowane w odniesieniu do uzyskanej przez nie wielokryterialnej oceny (np. pozycji w rankingu lub przydziału do kategorii),
- podstawy metodyczne budowy pulpitu decyzyjnego, na którym w sposób łączny, przez pryzmat kilku metod, oceniane są obiekty, a prezentowane wyniki mają charakter kognitywny (wyrażone są za pomocą wartości lingwistycznych i spektrum barw).

Przedstawione rozwiązania metodyczne i projektowe są skoncentrowane na wykorzystaniu wielu podejść, opartych na zastosowaniu różnych metod i algorytmów przetwarzania danych, do rozwiązania określonego problemu decyzyjnego. Wyznaczając kierunek kolejnych badań, naturalną konsekwencją opracowanej architektury systemu wspomagania decyzji, bazującej na platformie informacyjnej WPL, było rozszerzenie funkcjonalności systemu o kolejne komplementarne metody i techniki. Przy czym założono, że hybrydyzacja nie powinna polegać wyłącznie na dodawaniu kolejnych elementów do systemu, ale prowadzić do ich wzajemnego oddziaływania (uzupełniania się) zwiększającego nośność informacyjną systemu w zarządzaniu. Pojęcie nośności można utożsamiać z wartością informacji rozpatrywaną w wymiarze pragmatycznym, semantycznym i technicznym.

W artykule naukowym pt. „*Construction and Use of the ANP Decision Model Taking into Account the Experts' Competence*” (Becker J. i in. 2017) – wskazanym jako osiągnięcie habilitanta wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – przedstawiono wyniki badań zmierzające do integracji metody ANP (ang. *Analytic Network Process*) w systemie wspomagania decyzji (badania pilotażowe). Celem badania (i jednocześnie głównym wkładem habilitanta) było opracowanie modelu decyzyjnego o strukturze sieciowej uwzględniającej nie tylko wpływ kryteriów i preferencji na ocenę wariantów decyzyjnych ale również opinii i kompetencji ekspertów. Działanie modelu zweryfikowano na praktycznym przykładzie oceny pracowników. Argumentami przemawiającymi za zastosowaniem metody ANP był fakt, że stanowi ona rozwinięcie metody AHP, które pozwala

rozwiązać bardziej wyszukane i złożone problemy decyzyjne, dając swobodę w kształtowaniu uporządkowania elementów. ANP nie narzuca ustalonego łańcucha ważności i niezależności kryteriów, jak ma to miejsce w przypadku hierarchii (AHP). Metoda ta pozwala uchwycić wszystkie zależności, także pośrednie pomiędzy biorącymi udział w procesie decyzyjnym elementami, co udowodnił Saaty⁸ podnosząc ważną, stochastyczną macierz do potęgi, która określa głębokość branych pod uwagę zależności (proces potęgowania należy kontynuować do momentu uchwycenia wszystkich istotnych zależności). Poza tym pozwala uwzględnić zróżnicowanie preferencji dla kryteriów, na przykład można je deklarować na poziomie analizowanych obiektów (tzw. alternatyw wyboru).

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano elastyczną strukturę modelu pozwalającą uwzględnić różne konfiguracje oddziaływań między komponentami i ich składnikami. Główne komponenty modelu to: kompetencje kluczowe, kompetencje specjalistyczne, eksperci, kryteria, subkryteria i warianty decyzyjne. Rozważono w nim możliwość uwzględnienia preferencji dla kryteriów ustalanych z punktu widzenia: decydenta, ekspertów lub wariantów decyzyjnych. Założono, że ogólna postać opracowanego modelu ANP może stanowić wzorzec (szkielet), zgodnie z którym będą oceniane i rankingowane warianty decyzyjne w ramach wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji. Wyniki badań zaprezentowano na międzynarodowej konferencji naukowej pt. „*Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems*”, która odbyła się we Francji (w Marsylii) w dniach 6-8 września 2017 roku.

Na dalszym etapie badań habilitanta zintegrowano strukturę modelu decyzyjnego ANP z innymi metodami w ramach prototypowej wersji systemu wspomaganie decyzji (DSS 3.0). Wyniki tych badań opublikowano we współautorskiej monografii naukowej (Budziński R., Becker A., Becker J. 2018, s. 155-168). Istotną korzyścią z włączenia metody ANP do architektury systemu jest możliwość uwzględniania w opisie problemu decyzyjnego zależności między kryteriami oceny oraz innymi składnikami sieci lub ich grupami. W nomenklaturze ANP grupy nazywane są komponentami, natomiast ich składniki – elementami. W metodzie AHP elementy na danym poziomie hierarchii są zawsze niezależne od siebie. Podobnie jest w identyfikacji i wycenach ekonometrycznych obiektów opartych na analizie regresji. Szacując równanie regresji wielorakiej, dążymy do takiego doboru zmiennych, aby były one niezależne od siebie. Warunek ten niekoniecznie jest zgodny z rzeczywistością. W ANP tego typu założenia są obligatoryjne. Metoda ta pozwala na uchwycenie zależności pomiędzy komponentami i elementami sieci, dlatego jest alternatywnym i skutecznym narzędziem do rozwiązywania złożonych problemów praktycznych, lepiej odwzorującym rzeczywistość.

Współautorska monografia naukowa pt. „*Wielokryterialne wspomaganie decyzji w systemie DSS 3.0 (metody i architektura systemu informatycznego)*” – wskazana jako osiągnięcie habilitanta wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – posiada charakter przewodnika metodyczno-wdrożeniowego, w którym opublikowano wyniki wieloletnich prac badawczych i inżynierskich nad prototypową wersją wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji – DSS 3.0 (Budziński R., Becker A., Becker J. 2018). Budowa systemu hybrydowego, integrującego różne źródła wiedzy (dane, metody i techniki) to bardzo złożony i pracochłonny proces, który wymagał zastosowania podejścia holistycznego oraz interdyscyplinarnej wiedzy i umiejętności, pochodzących z kilku obszarów: teorii i praktyki wspomaganie decyzji, wielokryterialnej analizy decyzyjnej, modelowania systemów złożonych, inżynierii wiedzy oraz inżynierii systemów informacyjnych. Jest to bardzo ważny etap z punktu widzenia wdrożenia i praktycznej weryfikacji zaproponowanych rozwiązań metodycznych i projektowych habilitanta (Becker J. 2015) stanowiących modelową postać systemu. Prototyp realizowano przy wykorzystaniu technologii CA Visual Object 2.8 firmy GrafX Software. Proces

⁸ Saaty T. L. (2001), *Decision Making with Dependence and Feedback, The Analytic Network Process*, RWS Publications, Pittsburgh PA.

prototypowania to jedna z najbardziej skutecznych oraz wizualnych technik analitycznych służąca do osiągnięcia potwierdzenia słuszności przyjętych założeń, potrzeb i wymagań użytkowników poprzez iteracyjny proces realizacji projektu (modelu wymagań). Cały proces budowy systemu miał charakter adaptacyjny. W efekcie wieloletnich prac uzyskano wersję stabilną (o zweryfikowanych cechach użytkowych), którą można przenosić. Prototyp może stanowić także wzorzec dla przeprowadzenia prac projektowo-programistycznych nad jego komercjalizacją i udostępnieniem w formie usługi internetowej. Wyniki obliczeń przeprowadzane przy użyciu prototypu i udostępnionej w nim procedury badawczej (rys 1.) były wykorzystywane głównie w ramach prac licencjackich, magisterskich i doktorskich, objęły także praktykę biznesową i medyczną (kilka zleceń pozaakademickich). Krótkie charakterystyki dla dwunastu wybranych zastosowań prototypu zamieszczono w aneksie współautorskiej monografii (Budziński R., Becker A., Becker J. 2018, s. 257-286).

Proces prototypowania systemu DSS 3.0 oparto na modelowej koncepcji systemu (Becker J. 2015). W pracach nad systemem, których wyniki ujęto w współautorskiej monografii, habilitant odpowiadał za wdrożenie modelu struktur informacyjnych opartego na notacjach metody WPL oraz opracowanie algorytmów hybrydyzacji metod, ze szczególnym uwzględnieniem: AHP/ANP, ELECTRE TRI, GDM⁹, TZP¹⁰ (indukcji reguł, LEM2) oraz PULPITU DECYZYJNEGO. Poza tym wykonano szereg wspólnych prac projektowych i programistycznych obejmujących wdrożenie wielu algorytmów, do najważniejszych rozwiązań należy zaliczyć: proces doboru ekspertów, procedurę identyfikacji i wycen ekonometrycznych obiektów oraz optymalizacyjny mechanizm benchmarkingu obiektów.

W artykule naukowym pt. „*Analysis of the Digital Divide Using Fuzzy Forecasting*” (Ziomba P., Becker J. 2019) – wskazanym jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – przedstawiono badania, które pozwoliły habilitantowi zweryfikować i potwierdzić możliwość ukierunkowania procesu integracji metod w systemie wspomaganie decyzji na obszar zagadnień prognostycznych uwzględniających w opisie obiektów (wariantów decyzyjnych) czasu oraz niepewność.

Formalnie celem artykułu (Ziomba P., Becker J. 2019) było przeprowadzenie oceny stopnia regionalnego rozwoju technologii informacyjno-komunikacyjnych (TIK, ang. ICT – *Information and Communication Technologies*) oraz opracowanie rozmytych prognoz regionalnego rozwoju TIK na najbliższe lata dla krajów Europy środkowo-wschodniej należących do Unii Europejskiej. Przedmiotem badania było zjawisko przepaści cyfrowej, natomiast obiektami analizy wspomniane kraje byłego bloku wschodniego. Rozwój ICT scharakteryzowano wskaźnikami określającymi odsetek jej użytkowników w podziale na dostęp, wykorzystywanie i umiejętności ICT. Uzyskane wyniki badań można interpretować następująco: im względnie wyższy jest poziom rozwój ICT w danym kraju, tym mniejsza jest w nim liczba gospodarstw domowych (osób fizycznych) wykluczonych cyfrowo. W ramach badań opracowano procedurę oceny i prognozowania opartego na liczbach rozmytych i metodzie NEAT F-PROMETHEE. Procedurę zrealizowano w postaci frameworka. Uwzględniono w nim rozmycie, a więc również niepewność: (1) danych wejściowych – wartości kryteriów oceny, (2) preferencji reprezentujących przewagę jednego obiektu nad innym pod względem danego kryterium oraz (3) czasu wystąpienia danej prognozowanej wartości.

Analiza porównawcza uzyskanych wyników stanu bieżącego i prognoz rozwoju TIK w badanych krajach Europy Środkowowschodniej potwierdziła, że intensywna ekspansja tej technologii nie tylko stworzyła wiele możliwości rozwoju społecznego i gospodarczego, ale także wprowadziła podziały

⁹ Generalised Distance Measure, w: Walesiak M., *Uogólniona miara odległości GDM w statystycznej analizie wielowymiarowej z wykorzystaniem programu R*, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2011, s. 36.

¹⁰ Indukcja reguł oparta na Teorii Zbiorów Przybliżonych (TZP).

i nierówności postrzegane jako wykluczenie cyfrowe. W 2017 roku w odniesieniu do społeczeństwa Estonii, w którym odnotowano najwyższy poziom rozwoju TIK, do krajów o największym odsetku ludności wykluczonej cyfrowo zaklasyfikowała się: Rumunia, Bułgaria, Słowacja i Polska. Wyniki rozmytych prognoz wykazały, że w okresie 2018-2020 tendencja ta dla wymienionych krajów utrzyma się. Nieznaczna zmiana może objąć jedynie Polskę i Słowację, które zmienią względem siebie pozycję w rankingu. Ważną informację zarządczą stanowi odpowiedź na pytanie dotyczące krajów, w których wzrośnie to negatywne zjawisko. Prognozy wskazały, że tendencja wzrostowa zagrożenia wykluczeniem cyfrowym odznaczyła się wyraźnie w Czechach, Słowenii i w mniejszym stopniu na Litwie. Wyniki te sugerują przeprowadzenie analizy przewidywanego stanu zagrożenia i zdiagnozowania jego przyczyn.

Wkładem habilitanta w przeprowadzonych badaniach (Ziomba P., Becker J. 2019) jest: (1) opracowanie procedury generującej rozmyte prognozy wartości kryterialnych (wskaźników oceny) podawanych na wejście metody NEAT F-PROMETHEE, (2) praktyczna weryfikacja procedury w ramach frameworka (wykonanie na jego podstawie przetwarzania danych) i (3) napisanie sekcji: 2, 3.2.1, 3.2.2 i 5. Z kolei sekcje: 1, 4.1, 4.3 zostały przygotowane i napisane wspólnie przez obu autorów. Na szczególną uwagę zasługuje sekcja 4.3, w której zbadano odporność uzyskanych rankingów na zmiany stopnia niepewności preferencji przy użyciu metody NEAT F-PROMETHEE. Badanie porównawcze dowiodło, że nieuwzględnienie niepewności preferencji (wyłączenie progów preferencji) spowodowało powiększenie obszaru niepewności uzyskanych na wyjściu zagregowanych, rozmytych ocen.

Opracowana na potrzeby oceny i prognozowania metodyka badawcza (zrealizowana w ramach frameworka) została oparta na wykorzystaniu liczb rozmytych. Uwzględniono w niej niepewność preferencji (stosowano progi preferencji) oraz zależności pomiędzy badanymi krajami (wykorzystywano porównania parami). Poza tym nie ograniczała ona zakresów wartości użytych na wejściu wskaźników (kryteriów) rozwoju TIK w przeciwieństwie do konkurencyjnej metodyki IDI¹¹ (ang. *ICT Development Index methodology*), do której odniesiono wyniki badań. Różnice te spowodowały, że rankingi krajów Europy Środkowowschodniej dla roku 2017 uzyskane przy zastosowaniu obu metodyk częściowo różnią się od siebie. Zmiany nie objęły: Estonii, Słowenii i Łotwy, które zajęły w obu badaniach tą samą kolejność na podium oraz Rumunii, która pozostała na ostatniej pozycji.

Opracowany framework to zbiór rozwiązań stanowiących szkielet dla rozbudowy wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji. W ramach frameworka zdefiniowano i zweryfikowano wstępną postać struktur informacyjnych i algorytmów realizujących procedurę badawczą rozmytej, wielokryterialnej analizy obiektów opartej na podejściu przewyższającym, która uwzględnia niepewność danych wejściowych – prognozowanych wartości kryteriów oceny oraz zadeklarowanych preferencji.

W zakończeniu należy podkreślić, że przesłanką integracji metod (budowy struktur hybrydowych) jest prowadzenie analiz decyzyjnych z wykorzystaniem wzajemnie się uzupełniających, do tej pory zazwyczaj oddzielnie rozważanych metod, algorytmów czy technik wspomagania decyzji (np.: analizy, wnioskowania, symulacji czy wizualizacji). Aby system wynikowy można było nazwać hybrydą, nie wystarczające jest dodawanie kolejnych cech (funkcji, metod) do systemu, konieczna jest integracja prowadząca do ich wzajemnego oddziaływania (uzupełniania się lub czasami konkurowania).

¹¹ ITU Measuring the Information Society Reports 2010-2017 Available online:
<https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2017.aspx> (accessed on Mar 30, 2019).

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Charakterystyka opublikowanych prac i artykułów naukowych

Zainteresowania nauko-badawcze habilitanta, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, obejmują dwa komplementarne obszary, tj. integrację i zastosowania metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji oraz modelowanie i budowę informacyjnych systemów zarządzania (obecnie system wspomaganie decyzji; przed uzyskaniem stopnia doktora zintegrowany system transakcyjny rachunkowości finansowej i zarządczej). W prowadzonych badaniach można wyodrębnić trzy główne nurty.

Pierwszy kierunek badawczy stanowi rozwinięcie tematyki podjętej w rozprawie doktorskiej habilitanta pt. „Integracja danych w informatycznym systemie rachunkowości transakcyjnej”. W wyniku pracy doktorskiej opracowano model (w tym założenia projektowe) zintegrowanego systemu informatycznego rachunkowości, opartego na teorii zdarzeń, łączącego w sobie elementy planowania optymalnego finansów oraz rachunkowość zarządczą i finansową w jednolity system sterowania ekonomicznego. Badania innowacyjne nad systemem kontynuowano przez pierwsze trzy lata po uzyskaniu stopnia doktora (2003-2005), w stosunku do późniejszych osiągnięć habilitanta mają one charakter marginalny, aczkolwiek są wartościowe. Podjęta problematyka pomimo upływu lat jest nadal aktualna. Rezultaty tych badań przedstawiono w sześciu publikacjach naukowych oraz wygłoszono na czterech konferencjach naukowych o zasięgu ogólnopolskim. Do ważniejszych publikacji należy zaliczyć:

- **Becker J., Michalak K. (2003),** *Problemy algorytmizacji procesowego rachunku kosztów działań w informatycznym systemie rachunkowości*, w: B.F. Kubiak, A. Korowicki (red.), *Zastosowanie Informatyki w Rachunkowości i Finansach*, materiały z V konferencji krajowej, Wydawca: Polskie Towarzystwo Informatyczne, s. 107-118, Gdańsk.

W artykule wskazano aktualne trendy zastosowania technik procesowych w systemach informatycznych zarządzania. W tym kontekście celem artykułu było przedstawienie koncepcji integracji procesowego rachunku kosztów działań ABC (ang. *Activity-Based Costing*) z systemem informatycznym rachunkowości transakcyjnej opartym na teorii zdarzeń. Habilitant opracował założenia projektowe dla algorytmizacji procesowego rachunku kosztów działań ABC w tym systemie, definiując reguły kalkulacji kosztów dla danych źródłowych rejestrowanych w temporalnym dzienniku zdarzeń gospodarczych.

- **Becker J. (2004),** *Wielokryterialne wyznaczanie prawidłowości biznesowych w budżetowaniu firm*, w: R. Kulikowski, J. Kacprzyk, R. Słowiński (red.), *Badania Operacyjne i Systemowe 2004*, tom: *Podjęcie decyzji, Podstawy metodyczne i zastosowania*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, s. 53-64, IBS PAN, Warszawa.

Z punktu widzenia nowoczesnych koncepcji zarządzania, związanych z rekonstrukcją i usprawnianiem procesów gospodarczych, interesującym problemem badawczym podjętym w artykule było wykorzystanie w „grze kierowniczej” metodyki wielokryterialnej. Dyskusja koncentrowała się na konstrukcji modelu liniowego, który obejmował finanse oraz organizację produkcji przedsiębiorstwa. Przyjęto założenie, że jakość uzyskanych wyników w pierwszej kolejności zależy od poprawności zbudowanego modelu. Natomiast odpowiednia konstrukcja modelu świadczy o kompetencjach projektujących i warunkuje sprawne poszukiwania rozwiązań kompromisowych (optymalizacja wielokryterialna), które można bezpośrednio przełożyć na odpowiednie zapisy na kontach w rachunkowości finansowej przedsiębiorstw. Habilitant opracował i zweryfikował w ramach studium przypadku model matematyczny budżetowania (planowania finansowo-kosztowego) w przedsiębiorstwie zgodny z normą ZPK (Zakładowego Planu Kont). Wskazał na praktyczny aspekt wykorzystania wybranych rozwiązań (paretooptymalnych wariantów

planu) do wyznaczania strategii biznesowych na przykład na potrzeby reengineeringu w konkretnej rzeczywistości przedsiębiorstwa.

- Budziński R., **Becker J.** (2004), *Modelowanie potrzeb informacyjnych w systemie informacyjnym rachunkowości z reprezentacją czasu*, w: A. Straszak, J.W. Owsiniński (red.), *Badania Operacyjne i Systemowe 2004*, tom: Na drodze do społeczeństwa wiedzy, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, s. 357-367, IBS PAN, Warszawa.

Celem artykułu była dyskusja rozwiązań polegających na ujęciu reprezentacji czasu w rachunkowości (na tle teorii zdarzeń) oraz zaprezentowanie dorobku metodycznego autorów w dążeniu do pełnego opisu przede wszystkim zjawisk temporalnych w ewidencji zdarzeń gospodarczych. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na zaprezentowaniu notacji języka użytkownika przeznaczonego do modelowania zmiennych potrzeb informacyjnych kadry zarządzającej.

- Budziński R., **Becker J.** (2005), *Algorytmizacja monitorowania bieżących wyników w rachunkowości przedsiębiorstw*, w: J. Studziński, L. Drelichowski, O. Hryniewicz (red.), *Zastosowanie informatyki w nauce, technice i zarządzaniu*, Seria: *Badania Systemowe*, 41:171-181, IBS PAN, Warszawa.

W artykule przedstawiono badania poznawcze w zakresie algorytmizacji metod aktywnego rozliczania i operatywnego raportowania wyniku finansowego w jednostkach gospodarczych, stanowiące podstawę do budowy systemu czasu rzeczywistego. Częstotliwość raportowania rachunku zysków i strat ma najczęściej charakter zamknięcia rocznego, do czego obliguje jednostki ustawa o rachunkowości, lub krótkoterminowy (miesięczny, kwartalny, półroczny) obligowany np. zarządzeniem prezesa Głównego Urzędu Statystycznego (według wzorca F-01). Rzadkością natomiast jest (lub często niemożliwe) operatywne raportowanie (dzienne, dekadowe) lub wręcz bieżące monitorowanie wyniku finansowego. W wielu przedsiębiorstwach ograniczenie to wynika z konstrukcji wdrożonego oprogramowania finansowo-księgowego (F/K). W przeważającej grupie systemów F/K możliwe jest przeprowadzenie raportowania dopiero po „fizycznym” zamknięciu okresu rozliczeniowego, czyli na koniec miesiąca lub roku. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu reguł służących do bieżącego monitorowania wyniku finansowego jednostki gospodarczej (dla dowolnie wskazanego przedziału czasu z dokładnością jednego dnia), nie naruszając przy tym dotychczasowych zasad ewidencji w rachunkowości finansowej. Do budowy algorytmów sprawozdania habilitant zastosował wyspecjalizowaną składnię i funkcje ujęte w postaci notacji tzw. języka użytkownika (opracowanego przez współautora w ramach budowy systemu F/K „Trans”).

* * *

Drugi nurt badań habilitanta dotyczy budowy wielokryterialnego systemu wspomaganie decyzji. Wieloletnie badania nad systemem (2008-2018) doprowadziły do powstania procedury badawczej opartej na modelu zintegrowanych i współdziałających komplementarnych metod wspomaganie decyzji. Kompleksowe i spójne podsumowanie rezultatów tych badań przedstawiono w publikacjach (wykazanych w punkcie 4), które stanowią osiągnięcie naukowe habilitanta wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Geneza drugiego nurtu badawczego przypada na lata 2006-2007 (scharakteryzowano ją w punkcie 4.3) i jest związana z opracowaniem modelu wielokryterialnego programowania liniowego do realizacji zadań podziału funduszy finansowych. Inspiracją był problem podziału środków finansowych pochodzących z Unii Europejskiej przeznaczanych w formie dotacji na różne cele gospodarcze lub społeczne. Na bazie tego modelu opracowano system oprogramowania, który pozwalał przetwarzać dowolną liczbę wniosków o dotacje, kwalifikując je do grupy spełniających wymagania lub odrzuconych. Wyniki badań z tego okresu (2006-2007) zaprezentowano na trzech konferencjach naukowych i opublikowano w czterech artykułach, spośród których kluczowym jest:

- Budziński R., Becker J., Durka M. (2006), *Modele wielokryterialne w systemie aukcji elektronicznej*, w: J. Kacprzyk, R. Budziński (red.), *Badania Operacyjne i Systemowe (materiały z konferencji naukowej z serii BOS 2006), Metody i techniki*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, IBS PAN, s. 83-95, Warszawa.

W artykule zaprezentowano autorski system informatyczny SPF – System Podziału Funduszy, który wykorzystywał wielokryterialne zadania decyzyjne dla rozdysponowania środków finansowych. Problem praktyczny odniesiono do podziału funduszy z Unii Europejskiej przyznawanych organizacjom w formie dotacji na różne cele gospodarcze. Jak najlepiej podzielić określone zasoby pieniężne względem zgłoszonych we wnioskach dotacyjnych kwot zapotrzebowania, aby zmaksymalizować wielokryterialną funkcję użyteczności z nałożonymi preferencjami dysponenta dotacji? Należy przy tym uwzględnić nałożone warunki finansowe, np. możliwy przedział dotacji, wkład środków własnych i wielkość kredytów z zaznaczeniem rygorów ich oprocentowania. Udział habilitanta w badaniu polegał na opracowaniu, na podstawie wspólnie wykonanego studium przypadku, uogólnionej postaci modelu matematycznego dla zadań podziału funduszy finansowych na dotacje. Wspólnie wykonano i testowano oprogramowanie dla Systemu Podziału Funduszy (autorstwo: Budziński R., Becker J.; zrzuty ekranowe systemu zaprezentowano w artykule na rys.: 4, 5, 6 i 7). Przyjęto, że uzyskane rozwiązania metodyczne, sprawdzone w ramach SPF, stanowią zasadniczy algorytm do budowy inteligentnego agenta programowego, który negocjuje warunki, szereguje uczestników przetargu, wyjaśnia przyczyny zajmowanej pozycji i wyłania potencjalnego zwycięzcę (lub ich grupę) na zasadzie konfrontacji wniosków ofertowych w układzie wielu kryteriów z preferencjami decydenta – zleceniodawcy przetargu. W wyniku tej rywalizacji tworzy się system dynamicznej wyceny dóbr i usług, który powinien zaowocować lepszymi warunkami zgłaszanych wniosków w porównaniu z jednokrotną wyceną w tradycyjnym przetargu.

System Podziału Funduszy (SPF) zaprezentowano w ramach referatu plenarnego na IX konferencji naukowej pt. „Badania Operacyjne i Systemowe” (BOS 2006) zorganizowanej przez Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych (PTBOiS), Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk (IBS PAN) oraz Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania (WNEiZ) Uniwersytetu Szczecińskiego. Budowa systemu stanowiła dla habilitanta cenne doświadczenie i inspirację do przeprowadzenia własnych badań, uogólnienia opisu problemów decyzyjnych oraz zwiększenia zakresu wspomaganých decyzji. W 2007 roku system SPF zademonstrowano również na konferencji naukowej „Sejmik Młodych Informatyków” (edycja 2) zorganizowanej w dniach 13–15 września w Świnoujściu przez Polskie Towarzystwo Informatyczne Oddział Zachodniopomorski oraz Instytut Informatyki w Zarządzaniu mieszczący się na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego oraz na XIII konferencji naukowej z cyklu Komputerowe Systemy Wielodostępne (KSW’2007) zorganizowanej w Ciechocinku w dniach 17-18 września przez Katedrę Informatyki w Zarządzaniu Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy oraz Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą. Na konferencji KSW’2007 habilitant zapowiedział kierunek dalszych badań wygłaszając referat pt. „Koncepcja generatora DSS dla systemów agentowych rynku elektronicznego”. Przedstawił pomysł obejmujący wstępne założenia (teoretyczną koncepcję) budowy informatycznej platformy opartej na notacjach informacyjnych metody wielokryterialnego programowania liniowego (WPL) i wyposażonej w algorytmy, które dla zdefiniowanego wzorca (szablonu) zadania WPL generują struktury informacyjne nowego systemu wspomaganía decyzji (repozytorium bazy modeli, bazy danych, formularzy i raportów).

Integracja źródeł wiedzy w wielokryterialnym systemie wspomaganía decyzji stanowi główny nurt badawczy habilitanta. Syntetyczne i chronologiczne ujęcie tych badań i uzyskanych rezultatów przypadających na lata 2008–2018 przedstawiono w tabeli 1 (sekcja 4.3). Badania realizowano etapami. Proces tworzenia oprogramowania (budowy prototypu) miał charakter adaptacyjny i był realizowany po etapach modelowych i projektowych. Wyniki badań pilotażowych, które

weryfikowały słuszność stawianych założeń metodycznych dla modelowanego systemu i stanowiły podsumowanie głównych etapów jego projektowania oraz prototypowania prezentowano na konferencjach naukowych i poddawano publicznej krytyce oraz dyskusji. W celu zwiększenia zasięgu promowanego osiągnięcia naukowego habilitanta w latach 2008-2013 część wspomnianych badań opublikowano w 9 artykułach naukowych (w formie skróconej, jako konsekwencja wystąpień konferencyjnych). Spośród nich można wyróżnić 5 publikacji, które dokumentują kluczowe etapy badań, są to:

- **Becker J. (2008)**, *Architektura informatycznego systemu generowania wielokryterialnych rozwiązań decyzyjnych: (cz. 1) Koncepcja budowy modelu WPL oparta na niestandardowych zadaniach decyzyjnych*, w: J.W. Owskiński, Z. Nahorski, T. Szapiro (red.) „Badania operacyjne i systemowe: decyzje, gospodarka, kapitał ludzki i jakość”, Seria: Badania Systemowe, 64:103-112, IBS PAN, Warszawa.

W artykule zaprezentowano rezultaty pracy badawczej nad architekturą automatycznego wprowadzania zadań (problemów) decyzyjnych do wyspecjalizowanych systemów DSS wspomagających platformy aukcyjno-przetargowe w kontekście wyboru najlepszych rozwiązań dla przeprowadzających aukcję (lub formułujących różne zadania planistyczne). W skrócie omówiono (ze względu na ograniczoność miejsca) funkcje konstruktora zadań decyzyjnych, moduł definiowania warunków lokalnych i globalnych oraz integrację strumieni danych wejściowych w szablonie wielokryterialnego modelu matematycznego, o specyficznej blokowej konstrukcji macierzy współczynników techniczno-ekonomicznych, dla różnie definiowanych zadań decyzyjnych. Opracowany model teoretyczny generatora specyficznych systemów wspomaganie decyzji oparty na notacjach informacyjnych wielokryterialnego programowania liniowego został rozwinięty w toku dalszych badań oraz zweryfikowany w praktyce w ramach budowy modelu fizycznego w prototypowym systemie DSS 1.0 (autorstwa Becker J., Budziński R.).

- **Budziński R., Becker J. (2008)**, *Architektura informatycznego systemu generowania wielokryterialnych rozwiązań decyzyjnych: (cz. 2) Organizacja struktur informacyjnych i funkcjonowanie systemu informatycznego*, w: J. Kacprzyk, A. Najgebauer, P. Sienkiewicz (red.) „Badania operacyjne i systemowe a zagadnienia społeczeństwa informacyjnego, bezpieczeństwa i walki”, Seria: Badania Systemowe, 62:107-120, IBS PAN, Warszawa.

Artykuł jest kontynuacją rozważań metodycznych habilitanta nad konstrukcją standaryzowanego zadania WPL w wymiarze aplikacyjnym (dla zastosowań praktycznych). Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu: struktur informacyjnych, powłok systemowych, funkcji generowania modeli decyzyjnych, procedur definiowania warunków ogólnych i waloryzacji kryteriów cząstkowych oraz funkcji wprowadzania danych źródłowych w prototypowanym systemie wspomaganie decyzji (DSS 1.0 autorstwa: Becker, Budziński). Współautor odpowiadał za weryfikację i interpretację koncepcji opartych na optymalizacji wielokryterialnej (funkcje edytowania w trybie dialogowym najlepszych rozwiązań decyzyjnych w sensie Pareto) oraz badania testujące.

- **Becker J. (2010)**, *Integracja metod w informatycznym systemie wspomaganie decyzji DSS (rozwiązania autorskie)*, referat wygłoszony na konferencji naukowej Badania Operacyjne i Systemowe (BOS 2010) zorganizowanej w dniach 20-22 września 2010 roku w Bydgoszczy, Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą, 32:223-238.

W artykule zaprezentowano w krótkim zarysie podstawy metodyczne integracji metod w systemie wspomaganie decyzji. W części praktycznej narrację metodyczną odniesiono do rzeczywistego przykładu rozdziału zasobów finansowych dla potrzeb gmin. Obszernie i kompleksowo zilustrowano funkcjonalność i użyteczność funkcji prototypowanego systemu wspomaganie decyzji (DSS 1.0).

- **Becker J., Budziński R., Szarafińska M., Wąsikowska B. (2010),** *Metodyka formułowania kwantyfikatorów lingwistycznych w systemach informatycznych zarządzania*, referat wygłoszony na konferencji naukowej Badania Operacyjne i Systemowe (BOS 2010) zorganizowanej w dniach 20-22.09.2010 r. w Bydgoszczy, *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, **31:147-156.**

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu metodyki tworzenia kwantyfikatorów lingwistycznych (opartej na teorii zbiorów przybliżonych) dedykowanej dla potrzeb przetwarzania danych w wielokryterialnym systemie wspomaganie decyzji (sekcja 3 i 4 w artykule). Na przykładzie rozmytych modeli konceptów lingwistycznych habilitant zaprojektował modele kwantyfikatorów o wieloelementowych słownikach oraz przedstawił propozycję ich umiejscowienie w systemie informatycznym.

- **Becker J., Budziński R. (2013),** *Model of competence of experts in the computer decision support system*, *Quantitative Methods in Economics*, **14:53-64.**

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu modelu kompetencji – logicznej struktury informacyjnej przeznaczonej do opisu i przetwarzania kompetencji ekspertów w złożonym procesie wspomaganie decyzji (sekcja trzecia pt. „Information structure of expert competence module”). Na szczycie hierarchicznej struktury modelu znajduje się europejski standard kluczowych kompetencji, którego dekompozycja umożliwia odwzorowanie różnych specjalizacji. Elastyczna struktura informacyjna modułu kompetencji pozwala zdefiniować dowolny zestaw (profil) kwalifikacji ekspertów oraz siłę ich oddziaływania w rozwiązywaniu określonych problemów decyzyjnych. Przedstawiona koncepcja posłużyła w późniejszym czasie do wykonania modelu fizycznego (podsystemu) w wielokryterialnym systemie wspomaganie decyzji (prototyp DSS 2.0 autorstwa: Becker, Budziński).

Budowa prototypu wielokryterialnego, hybrydowego systemu wspomaganie decyzji pozwoliła na praktyczne zweryfikowanie przyjętych założeń metodyczno-projektowych. W okresie 2008-2017 opublikowano 9 artykułów naukowych, w których przedstawiono przykłady analiz decyzyjnych demonstrujące zastosowanie prototypu. Wyniki tych badań habilitant zaprezentował również na 14 konferencjach naukowych (w tym 5 konferencjach o zasięgu międzynarodowym). Spośród 9 wspomnianych artykułów wyróżniono 3 najbardziej reprezentatywne, a ich zasadnicze fragmenty, ukazujące przykłady wykorzystania hybrydowego systemu w praktyce zarządzania, zamieszczono w aneksie monografii naukowej habilitanta, wydanej w 2015 roku (Becker J. 2015) i wskazanej jako osiągnięcie naukowe (punkt: 4.2). Do pozostałych 6 publikacji należą:

- **Becker J., Becker A. (2011),** *Ranking of business tenders in the DSS 2.0 system*, in: P. Jałowiecki, P. Łukasiewicz, A. Orłowski (ed.), *Information Systems in Management VIII, Information and Communication Technologies for e-Business*, Copyright by Department of Informatics SGGW, Warsaw, pp. 7-17.

Celem artykułu był ranking ofert biznesowych oparty na lingwistycznych, grupowych ocenach ekspertów, przekształconych i zagregowanych do postaci parametrów modelu preferencji AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*). Przedmiotem badania były wnioski remontowo-inwestycyjne złożone przez gminy, związki międzygminne i powiaty w województwie zachodniopomorskim w ramach Programu Aktywizacji Obszarów Wiejskich (PAOW). Zadanie szeregowania ofert (studium przypadku) zrealizowano przy użyciu informatycznego systemu wspomaganie decyzji (DSS 2.0, aut.: J. Becker, R. Budziński). Wkład habilitanta polegał na zaprezentowaniu podstaw metodycznych budowy systemu oraz zaprezentowaniu jego funkcjonalności w zakresie szeregowania ofert (ranking AHP).

- **Becker A., Becker J. (2014)**, *Methods of determining the preference for purposes of the construction of the computerised decision support system*, *Quantitative Methods in Economics*, **15(2)**:284–295.

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na zaprezentowaniu funkcjonalności informatycznego systemu wspomagania decyzji (prototyp DSS 2.0 aut.: Becker J., Budziński R.) w zakresie modelowania preferencji na potrzeby multimetodycznej, wielokryterialnej analizy decyzyjnej. Autorzy wskazali, że interesujące jest spojrzenie na wyniki badania (optymalizacji, rankingowania i grupowania obiektów) z perspektywy każdej ze stron postępowania decyzyjnego. W systemie preferencje mogą wyrażać pogląd: (a) autorytatywny – decydenta będącego w roli np. kierownika, (b) demokratyczny – beneficjentów, którzy są bezpośrednio oceniani, np. pracownicy, uczniowie i in., lub reprezentują obiekty poddane ocenie np.: wnioski, oferty, firmy i in., (c) naukowy – jednego lub wielu ekspertów. Pokazano również, że preferencje dla kryteriów oceny można ustalać za pomocą kilku różnych metod (porównywanie parami, szeregowanie lub zastosowanie dowolnej skali ocen).

- **Becker J., Budziński R. (2015)**, *Optimization Procedure of the Multi-parameter Assessment and Bidding of Decision-Making Variants in the Computerized Decision Support System*, In: Núñez M., Nguyen N.T., Camacho D., Trawiński B. (eds.) *Computational Collective Intelligence*, Subseries of *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 9330, pp. 182-192, Springer, Heidelberg.

Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na zaprezentowaniu zastosowania platformy organizacji danych opartej na notacjach informacyjnych wielokryterialnego programowania liniowego (WPL), która stanowi fundament budowy wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji (prototyp DSS 2.0 autorstwa: Becker J., Budziński R.). Celem artykułu było zastosowanie modeli WPL i algorytmu optymalizacyjnego do poszukiwania rozwiązań najlepszych (sprawnych) z uwzględnieniem procesu ich wewnętrznego dopasowania. Wielokryterialną analizę decyzyjną rozszerzono o symulacje konkurencyjności odrzuconych wariantów decyzyjnych (rozwiązań dopuszczalnych), względem zbioru wariantów, które stanowią optymalne rozwiązanie. Rywalizacja ta miała charakter iteracyjny, przyjęta postać wieloparametrycznej licytacji. Funkcjonalność systemu zilustrowano na praktycznym przykładzie wielokryterialnej oceny pracowników fizycznych pewnego zakładu produkcyjnego. Pokazano jak system wspomaga pracowników odpowiadając na pytanie: *Co należy zrobić aby najmniejszym kosztem znaleźć się na określonych listach rankingowych?* Publikacja miała na celu zwiększenie zasięgu promowanego osiągnięcia naukowego habilitanta. Temat przedstawiono na międzynarodowej konferencji naukowej ICCCI 2015 w Hiszpanii (Madryt, 21-23.09 2015 r).

- **Becker J., Budziński R., Wolski W. (2015)**, *Grupowanie obiektów metodą ELECTRE TRI w systemie DSS 2.0*, *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, **73**:15-25.

Celem artykułu było zaprezentowanie rozwiązań informatycznych metody Electre Tri w kontekście funkcji jaką pełni w systemie wspomagania decyzji (prototyp DSS 2.0). Autorzy podkreślili, że ważnym problemem jest nośność informacyjna uzyskiwanych wyników. Ich przydatność klasyfikacyjna do oceny aktualnego stanu oraz dla prowadzenia dalszych badań. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu procedur obliczeniowych w zakresie grupowania przedsiębiorstw pod względem stopnia zaawansowania ich rozwoju w kierunku ebiznesu. Badanie przeprowadzono na grupie 80 przedsiębiorstw reprezentujących różne branże, opisanych za pomocą cech, które podzielono na 4 kategorie stanowiące kryteria oceny: (1) elastyczność decyzyjna oraz poziom organizacyjny i zarządzania, (2) planowanie innowacyjności i poziom rozwoju systemu informacyjnego, (3) skuteczność realizacji planów i poziom ekonomiczno-finansowy przedsiębiorstwa, (4) potencjał do przekształceń i poziom wyposażenia w technologie informacyjne. Dodatkowo do badania włączono zmienną objaśnianą, która opisywała efektywność każdego przedsiębiorstwa za pomocą taksonomicznego miernika rozwoju (TMR). Wykorzystano ją do analizy prawidłowości regresyjnych względem kryteriów, które wystąpiły w roli zmiennych objaśniających.

- Budziński R., Wolski W., Becker J., Ziemia P. (2016), *Evaluation of the utility of knowledge representation languages in domain ontologies using the MLP method*, Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management, **82**:26-37.

Artykuł obejmuje problematykę języków reprezentacji wiedzy w ontologiach dziedzinowych: LOOM, OCML, OWL, FLogic, SHOE, RDF(S), Ontolingua, oraz OWL2. Celem podjętych badań była ocena użyteczności tych języków przy użyciu metody wielokryterialnego programowania liniowego (WPL) oraz możliwość poprawy (doskonalenia) ich właściwości na zasadzie benchmarkingu (przyrównywania do najlepszych rozwiązań). Wkład habilitanta polegał na wykonaniu procedur obliczeniowych, przy użyciu systemu DSS 2.0, w zakresie optymalizacyjnej procedury odwoławczej oraz symulacyjnej metody poszukiwania minimalnych wartości korekty kryteriów oceny gwarantujących konkurencyjność słabiej ocenionego języka reprezentacji wiedzy względem trzech najlepiej ocenionych. Przedstawiona procedura badawcza spełnia w zadawalającym stopniu warunki oceny użyteczności technologii językowych ontologii, pozwala na wybór odpowiedniego języka spełniającego wymagania w budowie wybranej ontologii dziedzinowej przy jednoczesnym uwzględnieniu preferencji eksperta (lub grupy ekspertów) z tej dziedziny.

- Becker J., Becker A, Budziński R. (2017), *Multi-methodological and multi-criteria decision analysis of objects in the computerized decision support system*, Journal of Operations Research and Decisions, **27(3)**: 21-33.

W artykule zaprezentowano multimetodyczne podejście do wielokryterialnej oceny pracowników (ranking, grupowanie) i analizy wynagrodzeń. Habilitant wykonał procedury obliczeniowe przy użyciu prototypowej wersji systemu wspomagania decyzji (prototyp DSS 2.0 autorstwa: Becker, Budziński). Ocenie poddano 17 pracowników fizycznych (ślusarzy) pewnego przedsiębiorstwa (nazwę przedsiębiorstwa i dane osobowe pracowników utajniono ze względu na ich poufny charakter). Założono, że dyrekcja przedsiębiorstwa chce dokonać wielokryterialnej oceny pracowników i w odniesieniu do uzyskanych not zweryfikować dotychczasowy poziom wynagrodzeń oraz rozdysonować dodatkowe środki pieniężne w formie nagród. Przebieg i wyniki badania habilitant zaprezentował na XIV konferencji naukowej Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych oraz IBS PAN, która odbyła się w dniach 12-14 października 2016 roku w Pałacu Staszica w Warszawie.

* * *

Trzeci nurt dociekań naukowych habilitanta związany jest z realizacją badań o charakterze poznawczym. Przypada on na lata 2007-2018, w których habilitant opublikował 17 artykułów naukowych (w tym 16 współautorskich). Badania obejmowały głównie wielokryterialną analizę decyzyjną przy zastosowaniu: prostych, addytywnych metod wagowych, metody AHP, ANP i ELECTRE. Poza tym habilitant współrealizował badania w innych obszarach takich jak: analiza oparta na taksonomicznym mierniku rozwoju, analiza efektywności (DEA) i ekstrakcja wiedzy oparta na zastosowaniu zbiorów przybliżonych. Główne zainteresowania habilitanta sprowadzały się do zweryfikowania użyteczności wymienionych metod w kontekście wspomagania decyzji, w różnych obszarach życia społeczno-gospodarczego. Należy tu wyróżnić 15 publikacji naukowych, które przyporządkowano do 4 kategorii tematycznych (A, B, C i D).

A. Analiza wielokryterialna regionów Polski lub Europy Środkowej pod względem poziomu wykorzystywania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach (4 artykuły) oraz z punktu widzenia intensywności zjawiska wykluczenia cyfrowego gospodarstw domowych (1 artykuł).

- Becker A., Becker J. (2008), *Metody oceny stopnia zaawansowania teleinformatycznego polskich przedsiębiorstw*, Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą, 17:5-12.

W artykule scharakteryzowano wykorzystanie technologii teleinformatycznych w polskich przedsiębiorstwach, w 2006 r. Za pomocą taksonomicznego miernika rozwoju uporządkowano podmioty (zgrupowane według prowadzonej działalności gospodarczej) ze względu na stopień wykorzystania omawianych technologii. W badaniach wykorzystano dwie metody: bezwzorcową i wzorcową, które dały zbliżone wyniki. Zastosowanie taksonomicznego miernika rozwoju pozwoliło na uporządkowanie przedsiębiorstw, zaklasyfikowanych do poszczególnych branż, według ich zaangażowania w technologie teleinformatyczne. Największy odsetek pracujących, wykorzystujących komputery z dostępem do Internetu zgrupowany był w podmiotach związanych z przetwórstwem przemysłowym, handlem i naprawami. Branże te dominowały, jeśli chodzi o posiadanie systemu informatycznego do obsługi zamówień, zatrudnianie osób w systemie telepracy czy posiadanie własnej strony internetowej. Najniższe wskaźniki osiągnęły firmy związane z działalnością filmową, radiową i telewizyjną. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na scharakteryzowaniu materiału empirycznego, przygotowaniu danych wejściowych oraz weryfikacji procedur obliczeniowych. Wspólnie ustalono: cel badania, procedurę badawczą, wskaźniki charakteryzujące stopień wykorzystywania technologii teleinformatycznych w polskich przedsiębiorstwach oraz wnioski.

- Becker A., Becker J. (2011), *Porządkowanie i grupowanie województw polski pod względem wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w 2009 roku*, Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą, 57:17-26.

W artykule przedstawiono wyniki uporządkowania województw Polski ze względu na poziom wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach, w 2009 r. Otrzymany ranking posłużył do pogrupowania regionów na klasy o podobnym poziomie zaawansowania obszarów w przestrzeni teleinformatycznej. W badaniach wykorzystano miarę rozwoju Hellwiga i metodę porządkowania opartą na dwóch parametrach TMR: średniej arytmetycznej i odchyleniu standardowym. Zaletą tego typu miar jest możliwość konstruowania za ich pomocą globalnych wskaźników opartych na cechach diagnostycznych wyrażonych w naturalnych jednostkach miary, powszechność ich stosowania oraz nieskomplikowany algorytm obliczeniowy. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na scharakteryzowaniu materiału empirycznego oraz normalizacji danych wejściowych. Wspólnie ustalono cel badania, wyłoniono cechy odpowiednio reprezentujące problematykę zaangażowania regionalnego w nowoczesne technologie oraz sformułowano wnioski z badania.

- Becker A., Becker J. (2016), *Multiparameter assessment of the West Pomeranian region in terms of the ICT use*, Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management, 82:17-25.

Celem badania była ocena pozycji województwa zachodniopomorskiego w rankingu województw Polski ze względu na poziom wykorzystania technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach, w 2015 r. W eksperymencie wykorzystano metodę wielokryterialnego wspomaganie decyzji ANP (ang. Analytic Network Process), która umożliwiła uszeregowanie województw Polski z uwzględnieniem wiedzy eksperckiej i preferencji decydenta wyrażonych za pomocą sieciowej struktury kryteriów, wag i ocen. Uzyskane wyniki posłużyły do analizy udziału technologii informacyjnych i komunikacyjnych w życiu gospodarczym polskich podmiotów. Wkład habilitanta polegał na przeprowadzeniu obliczeń metodą ANP i zaprezentowaniu wyników rankingu województw Polski ze względu na wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych w przedsiębiorstwach.

- **Becker J., Becker A., Sulikowski P., Zdziebko T. (2018)**, *ANP-based analysis of ICT usage in Central European enterprises*, In: Howlett RJ, Toro C, Hicks Y, Jain LC, editors. Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 22st International Conference, KES-2018, Procedia Computer Science, 126:2173-2183 (DOI: 10.1016/j.procs.2018.07.231).

Celem artykułu była ocena wybranych krajów Europy Środkowej należących do Unii Europejskiej ze względu na wykorzystanie technologii informacyjno-telekomunikacyjnych (ICT) w przedsiębiorstwach, w 2017 roku. W badaniach zastosowano metodę ANP (ang. Analytic Network Process) zaliczaną do metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej oraz metodę analizy skupień – k-średnich. Na podstawie danych pozyskanych z bazy Eurostatu dokonano doboru atrybutów ICT i skonstruowano sieciową strukturę kryterialną. Preferencje dla kryteriów głównych wyekstrahowano z danych empirycznych dla każdego z poddanych analizie krajów (wariantów decyzyjnych). Uzyskane wartości priorytetów odzwierciedlały mocne stron każdego z badanych regionów. Preferencje dla subkryteriów wyznaczono kierując się zasadą, że najwyższą wagę posiadają kryteria charakteryzujące najnowsze kierunki rozwoju technologii ICT (e-commerce, e-biznes). Pod tym względem wielokryterialna analiza wykazała, że liderami w Europie Środkowej w 2017 r. są przedsiębiorstwa działające na terenie Słowenii i Austrii. Najgorzej wypadła w tej kategorii Polska, a tuż przed nią Węgry. Uzyskane wyniki badań mogą posłużyć do oceny przestrzeni teleinformatycznej oraz stopnia zaangażowania poszczególnych krajów w nowoczesne technologie. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu struktury modelu decyzyjnego, przeprowadzeniu obliczeń metodą ANP oraz interpretacji i wizualizacji uzyskanych wyników (rankingów).

- **Becker A., Becker J. (2018)**, *Regional differentiation of Poland in terms of the degree of digital exclusion of households in 2017*, Economic Sciences for Agribusiness and Rural Economy, 2:306-312 (DOI: 10.22630/ESARE.2018.2.41).

Współcześnie gospodarka cyfrowa odgrywa znaczną rolę w życiu gospodarczym. Jest ona zdeterminowana intensywnym rozwojem nowoczesnych technologii ICT (Information and Communication Technology). Tym samym wzrasta znaczenie społeczeństwa informacyjnego posługującego się technikami komunikowania się i przetwarzania informacji, które powstało z połączenia między innymi gospodarstw domowych. Gospodarstwa te uczestniczą i stanowią podstawę procesu tworzenia kapitału społecznego. Interesujące zatem wydaje się zbadanie przestrzeni społeczno-ekonomicznej polskich gospodarstw domowych z uwagi na występowanie dysproporcji w rozwoju ICT. W artykule dokonano klasyfikacji województw Polski pod względem stopnia wykluczenia cyfrowego rozumianego jako brak dostępu lub umiejętności wykorzystania ICT w gospodarstwach domowych, w 2017 roku. W badaniach wykorzystano metodę ELECTRE TRI, która jest przykładem wielokryterialnej metody wspomagania decyzji stosowanej do klasyfikacji wariantów decyzyjnych, opartej na relacji przewyższania. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyłonienie regionów, które odznaczają się najwyższym stopniem wykluczenia cyfrowego gospodarstw domowych (najniższym wykorzystaniem ICT). Do grupy tej należą województwa: podlaskie, lubelskie i lubuskie. W przeprowadzonych analizach celowo i dodatkowo wprowadzono regiony: mazowiecki (bez stolicy) i warszawski stołeczny, wyraźnie odbiegający w stosunku do pozostałych jednostek. Tym samym posłużył on w badaniu jako punkt odniesienia, który reprezentuje wysoko zurbanizowane obszary województw charakteryzujące się niskim stopniem wykluczenia cyfrowego. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu obliczeń metodą Electre TRI i zaprezentowaniu wyników grupowania województw Polski pod względem stopnia wykluczenia cyfrowego w 2017 roku. Wspólnie zinterpretowano i podsumowano wyniki badania.

B. Wielokryterialne analizy decyzyjne (8 artykułów), w których oceniano:

- osoby pod względem skłonności do manipulacji podatkowych,
- narzędzia wspomagające modelowanie systemów informacyjnych,
- systemy wspomagające realizację badań ankietowych za pośrednictwem Internetu,
- systemy elektroniczne zarządzania relacjami z klientami (eCRM),
- systemy wyspecjalizowane w globalnej dystrybucji usług turystycznych,
- oferty sprzedaży lokali mieszkaniowych z punktu widzenia profili konsumentów,
- projekty zgłaszane do realizacji w ramach budżetów obywatelskich gmin,
- pracowników naukowo-dydaktycznych na uczelni wyższej.

- **Becker J., Misztal L. (2010),** *Wielokryterialny model oceny podatników indywidualnych*, Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą, **28**:16-28.

Badania przedstawione w artykule stanowią kontynuację prac (etap 3) nad modelem systemu ekspertowego klasyfikacji regułowej podatników w urzędach skarbowych, mającego na celu wyłonienie osób najbardziej podatnych na manipulacje podatkowe. Cała procedura badawcza składała się z trzech etapów. Pierwszy etap poległ na podzieleniu zbioru podatników za pomocą rozmytego algorytmu grupującego w celu wyznaczenia grup charakteryzujących się wysokim podobieństwem w podejmowanych działaniach. Odmienne prawidłowości w zachowaniu płatników ordynacji podatkowej, wyznaczone przez granice klas, stały się przedmiotem drugiego etapu badań, gdzie przy wykorzystaniu teorii zbiorów przybliżonych, dla każdej grupy wygenerowano reguły, które wskazywały na istotne zachowania podatników. Uzyskana lista czynników o określonej sile przynależności dla danego typu behawioralnego stanowiła zasilenie dla końcowej, trzeciej fazy eksperymentu, wykonanej przy udziale habilitanta i zaprezentowanej w artykule, mianowicie budowy wielokryterialnego, hierarchicznego modelu oceny podatników w celu uszeregowania ich w każdej klasie. Do badań zastosowano metodę AHP (ang. Analytic Hierarchy Process). Na podstawie zaewidencjonowanych danych oraz zidentyfikowanych czynników wskazujących na nieprawidłowości w zeznaniach podatkowych wyznaczono ranking podatników wraz z wskazaniem struktury udziału poszczególnych kryteriów w wynikach końcowych. Pierwszy krok, interaktywny, polegał na ocenie kryteriów przez eksperta. Natomiast drugi krok ze względu na dużą liczbę wariantów decyzyjnych (podatników) został w pełni zautomatyzowany. Polegał on na wygenerowaniu rankingu podatników na podstawie faktów. Uzyskane rezultaty wskazały, że najbardziej istotne z punktu widzenia kolejności rankingu, było występowanie jednego z dwóch lub obydwu naraz wielkości atrybutów związanych z wysokimi dochodami lub odliczeniami podatkowymi. Atrybuty opisujące pozostałe cechy miały wyraźnie mniejsze znaczenie. Jednak w przypadku osób o podobnych dochodach i odliczeniach cechy te rozstrzygały o kolejności w rankingu.

- **Becker J., (2010),** *Comparative analysis of CASE tools functionality compatible with UML 2.0 notation*, in: W. Karwowski, A. Orłowski (red.), *Information Systems in Management IV*, Copyright by Department of Informatics SGGW, Warsaw, pp. 7-16.

Celem artykułu był przegląd metodyk i analiza porównawcza narzędzi CASE wspomagających modelowanie systemów informatycznych w notacji UML 2.0. Do analizy narzędzi zastosowano prostą, addytywną metodę wagową. Uzyskane noty zagregowano i zestawiono w formie rankingu. Oceny narzędzi dokonano z punktu widzenia potrzeb budowy zautomatyzowanego generatora SWD (systemu wspomagania decyzji). Chodziło o wyłonienie rozwiązań, które najlepiej będą wspomagały adaptacyjny proces budowy generatora oraz pozwolą, przy użyciu inżynierii wahałowej, precyzyjnie odwzorować i udokumentować jego architekturę. Uzyskane wyniki rankingu miały charakter subiektywny (wynikały z potrzeb autora), mogą jednak stanowić pewien punkt odniesienia dla osób mających inne wymagania (priorytety).

- **Becker J., Lipski Ł. (2011)**, Analiza systemów wspomagających badania ankietowe w Internecie, *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, **57**:27-38.

Wzrost liczby sieci bezprzewodowych, rozwój telefonii komórkowej i techniki sprawił, że dostęp do Internetu możliwy jest z niemalże każdego miejsca. Wynikiem tego postępu jest ciągle zwiększająca się liczba internautów, z których zdaniem muszą liczyć się już nawet najbardziej wpływowe grupy społeczne takie jak politycy, przedsiębiorcy czy artyści. Z tym związany jest wzrost zainteresowania badaniami opinii publicznej i chęć zapoznania się ze zdaniem aktywnych internautów. W artykule przeprowadzono analizę decyzyjną czterech najpopularniejszych systemów informatycznych wspomagających badania ankietowe (w tym proces budowy ankiet elektronicznych). Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na określeniu procedury badawczej, układu treści oraz zweryfikowaniu obliczeń wykonanych (wstępnie przez współautora) przy użyciu metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*), w wyniku których uszeregowano analizowane systemy. Liczba podobnych systemów jest bardzo duża. Wybrane rozwiązania cieszyły się dużym powodzeniem wśród internautów i jak wykazało badanie prezentowały wysoki poziom funkcjonalności.
- **Becker J., Stolarska M. (2011)**, *Koncepcja systemu CRM na potrzeby analizy preferencji klientów przedsiębiorstwa*, *Informatyka Ekonomiczna, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, **20(187)**:13-26.

W pracy zaprezentowano wyniki analizy dostępnych rozwiązań informatycznych klasy CRM (ang. *Customer Relationship Management*) oraz zaproponowano koncepcję ich rozwinięcia. Propozycja obejmowała budowę modelu systemu, który integruje dane o preferencjach klientów ze źródeł rozproszonych i na bieżąco przekształca je w wiedzę pozwalającą skuteczniej planować ofertę asortymentową. Zamieszczane w serwisach internetowych systemy ocen punktowych produktów lub usług oraz fora dyskusyjne stanowią najczęściej źródło wiedzy dla potencjalnych klientów, którzy przed dokonaniem zakupu chcą zapoznać się z ofertą i opiniami innych nabywców. Idea rozszerzenia specyfikacji CRM polegała na uwzględnieniu funkcji monitorowania ewolucji poglądów o produktach i usługach w zamkniętej pętli procesu marketingowego. Założono, że dzięki sprzężeniu zwrotnemu firma będzie mogła na bieżąco reagować na zmieniające się potrzeby klientów. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na określeniu układu treści oraz wykonaniu obliczeń przy użyciu metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*), w wyniku których uszeregowano siedem komercyjnych systemów eCRM. Wspólnie ustalono kryteria oceny systemów, preferencje i wnioski badawcze. Pozyskiwanie nowego klienta jest jednym z trudniejszych problemów marketingowych. Wśród wielu stosowanych metod jedynie ciągle gromadzenie wiedzy o klientach, monitorowanie i analiza ewolucji ich preferencji oraz opinii jest skutecznym sposobem budowania stabilnej pozycji przedsiębiorstwa na rynku.
- **Becker J., Stankiewicz M., Mańko K. (2012)**, *Ranking informatycznych systemów wspomagających globalną dystrybucję usług turystycznych*, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Problemy zarządzania, finansów i marketingu*, **710(24)**:157-172.

Znaczny wpływ na funkcjonowanie rynku turystycznego ma rozwój i wykorzystanie nowoczesnych technologii informatycznych. Globalne systemy dystrybucji (ang. *Global Distribution System – GDS*) stanowią podstawę działalności podmiotów zajmujących się organizacją i pośrednictwem w sprzedaży usług turystycznych. Upowszechnienie ich zastosowania, spowodowało prawdziwą rewolucję w branży turystycznej. W artykule porównano możliwości i ograniczenia wybranych, popularnych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie podmiotami, które specjalizują się w globalnej dystrybucji usług turystycznych. W badaniu wykorzystano metodę AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*), która ujmując podejście wielokryterialne pozwoliła uszeregować porównywalne warianty (systemy informatyczne) z punktu widzenia określonych preferencji (potrzeb, wymagań użytkownika). Do rankingu wybrano 8 konkurencyjnych systemów. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na zweryfikowaniu procedury badawczej, w tym obliczeń AHP, w wyniku których uszeregowano

osiem analizowanych systemów. Wspólnie określono cel, zakres treści artykułu, kryteria oceny systemów oraz preferencje. Poszukiwano rozwiązania zapewniającego efektywne wsparcie pracownika biura podróży ze strony działu help desk, posiadającego interfejs graficzny o wysokim poziomie ergonomii, który wpływa na użyteczność systemu i w efekcie zapewnia sprawną obsługę klienta. Ważne również było, aby system zapewniał dostęp do szerokiej rzeszy kooperantów (np. linii lotniczych, hoteli) a oferta sprzedaży systemu zawierała bogaty pakiet szkoleń przy możliwie najniższej cenie. Systemami, które w najwyższym stopniu spełniły stawiane wymagania i znalazły się w pierwszej trójce są: Sabre, Galileo i Amadeus.

- **Becker A., Becker J. (2017)**, *A selection of offers on the Szczecin residential market with the AHP method*, *Folia Oeconomica Stetinensia*, **17(1)**: 68-79 (DOI: 10.1515/fofi-2017-0006).

W artykule zaprezentowano zastosowanie metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) do wielokryterialnej analizy decyzyjnej ofert sprzedaży lokali mieszkaniowych. Wynikiem badania były rankingi ofert uwzględniające preferencje określonych grup społecznych (tzw. profile konsumenckie). Wykorzystany w badaniach materiał empiryczny pochodził z internetowych witryn wybranych szczecińskich biur nieruchomości. Uszeregowanie porównywalnych ofert pozwoliło wyłonić te, które w najwyższym stopniu odzwierciedlały oczekiwania nabywcy. W badaniu weryfikowano pogląd, że powszechne stosowanie metody AHP do problemu wieloparametrycznej selekcji i wyboru preferowanych ofert mieszkaniowych – spośród dużej liczby ogłoszeń rozproszonych w różnych serwisach internetowych – wymaga opracowania wyspecjalizowanego systemu informatycznego. Wkład habilitanta w tej pracy polegał na: unormowaniu danych wejściowych, ustaleniu indywidualnych skal ocen dla profili konsumenckich, wykonaniu procedury obliczeniowej metody AHP oraz wizualizacji i interpretacji uzyskanych rankingów ofert mieszkaniowych odrębnie dla każdego z 3 zdefiniowanych profili konsumenckich.

- **Becker J., Kannchen M. (2018)**, *Wielokryterialna ocena projektów zgłaszanych w ramach budżetów obywatelskich przy zastosowaniu metody ANP*, *Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management*, **82**:4-17.

Celem artykułu była wielokryterialna analiza decyzyjna projektów zgłaszanych do realizacji w ramach budżetów obywatelskich przy zastosowaniu metody ANP i wykorzystaniu opinii ekspertów. Wynikiem analizy był porządek, zgodnie z którym wyłoniono projekty, które zdaniem ekspertów mają największy wpływ na zrównoważony rozwój danej miejscowości i mogą być wskazane mieszkańcom jako najlepsze. W badaniu zaproponowano uwzględnienie preferencji pomysłodawców projektów oraz rang ekspertów odzwierciedlających poziom ich kompetencji. W artykule postulowano uzupełnienie procedur wyboru projektów finansowanych z budżetów obywatelskich – opartych wyłącznie na ocenie kwestii formalnych i wynikach głosowania mieszkańców – o etap oceny merytorycznej. W większości gmin Polski pomijane są kryteria merytoryczne. Jeśli są uwzględniane to łączy się je z kryteriami formalnymi. Powoduje to, że procedura przestaje być zrozumiała dla mieszkańców. Poza tym, gdy ocena merytoryczna projektów dokonywana jest przez urzędników zamiast zespół odpowiednio dobranych ekspertów, staje się dla obywateli mało wiarygodna i nieakceptowalna. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na określeniu procedury badawczej, opracowaniu struktury modelu decyzyjnego, przeprowadzeniu obliczeń metodą ANP, interpretacji uzyskanych rankingów oraz przeprowadzeniu analizy wrażliwości oceny grupowej na zmiany rang ekspertów.

- **Becker J., Krassowska T. (2018)**, *Zastosowanie metody AHP w procedurze oceny pracowników naukowo-dydaktycznych uczelni wyższej*, *Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, **19(3)**:203-218.

W artykule zaproponowano wykorzystanie metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) w procesie oceny pracowników naukowo-dydaktycznych na uczelni wyższej. Zwrócono uwagę na złożoność problemu decyzyjnego z jednoczesnym wskazaniem zalet metody AHP w tym procesie.

W szczególności dotyczyło to uwzględnienia preferencji decydenta odzwierciedlających dostosowanie uczelni do zmieniających się uregulowań prawnych i potrzeb rynkowych. Zaprezentowana procedura oceny pracowników umożliwiła symulację różnych sytuacji decyzyjnych, które są odpowiedzią na transformację otoczenia. Pozwoliła wyjaśnić szereg problemów nurtujących kadrę zarządzającą. Na przykład, których pracowników zaktywizować (zmotywować) do działania i w jakim obszarze? Kogo nagrodzić, upomnieć lub ukarać (zaproponować zmianę stanowiska lub zwolnić)? Należy zauważyć, że wyniki ocen uzyskane przez pracowników na przestrzeni wielu lat dałyby pełniejszy i prawdziwszy obraz ich sytuacji. Często z wielu niezależnych od pracy naukowca przyczyn (np. różne okresy wydawnicze publikacji naukowych) jego wyniki dotyka zjawisko kumulacji, która w jednym roku może skutkować ponadnormatywną liczbą punktów, a w innym nawet ich całkowitym brakiem. Dzięki takiej ocenie minimalizowany jest również subiektywizm, który może towarzyszyć decydentowi względem niektórych pracowników. Określone zmiany preferencji wobec różnych aktywności oddziałują w taki sam sposób na ocenę wszystkich pracowników, co powoduje, że procedura jest transparentna i nie stwarza sytuacji konfliktowych między pracownikami. Wkład habilitanta polegał na określeniu problemu badawczego i procedury badawczej, przeprowadzeniu obliczeń metodą AHP i interpretacji uzyskanych wyników (rankingów pracowniczych).

C. Ocena gospodarowania polskich województw przy zastosowaniu metody DEA (1 artykuł).

- Becker A., Becker J. (2009), *Zastosowanie metody granicznej analizy danych do oceny gospodarowania województw Polski*, *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*, 21:5-12.

W artykule zaprezentowano zastosowanie metody granicznej analizy danych (DEA) do oceny efektywności gospodarowania polskich województw. Materiał empiryczny wykorzystany w badaniach pochodził z roczników statystycznych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) i dotyczył 2005 roku. DEA jest nieparametryczną metodą wykorzystywaną w badaniach operacyjnych i ekonomii do konstruowania krzywej efektywności. Jest używana w celu empirycznego pomiaru efektywności jednostek decyzyjnych, noszących nazwę DMU (ang. Decision Making Units). Zastosowanie metody DEA pozwoliło w nieskomplikowany sposób określić efektywność poszczególnych województw Polski. Dzięki tej metodzie oceniono poszczególne obiekty oraz stwierdzono, o ile trzeba zwiększyć wyniki lub zmniejszyć nakłady, aby były one całkowicie efektywne. Ponadto metoda DEA wskazała najbardziej efektywne województwa, które można uznać za „wzorcowe” w rozpatrywanej jednostce czasu. Wkład habilitanta w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu procedury obliczeniowej dla modelu DEA. Wspólnie ustalono procedurę badawczą, dobrano zmienne do modelu oraz zinterpretowano wyniki.

D. Analiza wymagań rynku pracy, zgłaszanych przez polskich pracodawców, przy zastosowaniu algorytmu indukcji reguł decyzyjnych opartego na teorii zbiorów przybliżonych (1 artykuł).

- Becker A., Becker J., Budziński R. (2015), *Granular calculations in the requirement analysis of the Polish market*, *Quantitative Methods in Economics*, 16(1):17-24.

W artykule zaprezentowano wyniki analizy wymagań rynku pracy zgłaszanych przez polskich pracodawców. Poszukiwano zależności pomiędzy rodzajem specjalności, rozszerzonej o profil kompetencyjny, a wymogiem znajomości języka angielskiego. Próbowano także odpowiedzieć na trzy pytania związane z analizowanym problemem. Czy występują wymagania pracodawców wobec specjalistów dotyczące znajomości języka angielskiego? Od których specjalistów (szczególnie) wymagana jest znajomość języka angielskiego? Czy prawidłowość ta jest jednakowa w regionach Polski (granul informacyjnych) charakteryzujących się różnym poziomem rozwoju gospodarczego? Materiał empiryczny pochodził z badań zrealizowanych w ramach projektu „Bilans Kapitału Ludzkiego” (V edycja – 2014 r.). Procedura badawcza obejmowała grupowanie obiektów metodą k-średnich oraz indukcję reguł decyzyjnych opartą na zastosowaniu teorii

zbiorów przybliżonych. Analizę wykonano przy pomocy systemu RSES 2.1. Habilitant wykonał dyskretyzację danych, procedurę indukcji reguł decyzyjnych dla każdej wyznaczonej granuli oraz opisał przebieg tego eksperymentu i uzyskane wyniki.

5.2. Syntetyczna prezentacja dorobku naukowego

Publikacje naukowe

Dorobek naukowy habilitanta (po uzyskaniu stopnia naukowego doktora) wraz z dwiema monografiami i dwoma artykułami, które wykazano jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, obejmuje łącznie 52 publikacje. Ich ilościowe ujęcie, indeks i liczbę cytowań prac naukowych przedstawiono w tabeli nr 2. Pełny wykaz publikacji wraz z krótką charakterystyką i wyszczególnieniem wkładu habilitanta zamieszczono w załączniku 4 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

Łącznie, po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, habilitant opublikował 50 artykułów naukowych z tego 44% w języku angielskim, 2 polskojęzyczne monografie naukowe (w tym jedna współautorska) i był redaktorem naukowym 2 tematycznych zeszytów czasopisma (tabela 2). Wartość indeksu H-Hirsha, w ujęciu wskaźnikowym, według Web of Science dla 6 zaindeksowanych publikacji wyniosła 2 (dwie publikacje z okresu 2018-2019 oczekują na indeksację). W bazie Scopus zaindeksowano 8 publikacji, a wartość indeksu wyniosła 4. Według Google Scholar zacytowano 25 publikacji, a wartość indeksu H-Hirsha wyniosła 4. Zgodnie z obowiązującymi przepisami dotyczącymi parametrycznej oceny jednostek naukowych sumaryczna liczba punktów habilitanta, bez uwzględnienia współautorstwa, wyniosła 473 punkty.

Projekty badawczo-naukowe

W latach 2008-2019 habilitant zaangażował się w realizację czterech projektów naukowo-badawczych (tabela 2) z czego dwa są w trakcie realizacji. Pierwszy projekt był realizowany w latach 2008-2018 i dotyczył budowy prototypu wielokryterialnego systemu wspomagania decyzji. Finansowano go ze środków Uniwersytetu Szczecińskiego i do czerwca 2014 roku ze środków Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Habilitant pełnił w projekcie funkcję koordynatora i wykonawcy. Proces prototypowania systemu oparto na modelowej koncepcji przedstawionej w monografii naukowej habilitanta wydanej w 2015 roku i wskazanej jako osiągnięcie naukowe (punkt 4.2.a). Habilitant zrealizował znaczną część prac projektowych, programistycznych oraz testujących. Jako konsultant brał udział we wdrożeniach. Wyniki prac opublikowano we współautorskiej monografii naukowej wydanej w 2018 roku i wskazanej jako osiągnięcie naukowe (punkt 4.2.c).

Na przełomie lat 2014-2015 habilitant uczestniczył w pracach badawczych zespołu podwykonawcy w ramach projektu ENGINE (grant nr 316097) finansowanego w ramach 7. Programu Ramowego Unii Europejskiej. Wspólnie zrealizowano dwa tematy badawcze: 1) Zarządzanie wiedzą w dziedzinie oceny jakości witryny internetowej oraz 2) Integracja ontologii dziedzinowych w repozytorium metod oceny witryn internetowych. Wyniki badań ogłoszono na konferencjach naukowych i opublikowano w dwóch artykułach (wykazano je w załączniku 4, sekcja II B, poz. 15 i 16).

Tabela 2. Ilościowe zestawienie dorobku naukowego (stan na dzień 16.04.2019 r.)

Monografie, artykuły, rozdziały i redakcje naukowe				
Kategoria osiągnięć	Liczba publikacji po uzyskaniu stopnia naukowego doktora			Punkty MNiSW
	Autor (a)	Współautor (b)	Łącznie (a i b)	
Monografie naukowe	1	1	2	50
Publikacje naukowe w czasopiśmie indeksowanym Journal Citation Report	2	1*	3	50
Publikacje naukowe indeksowane w bazie Web of Science Core Collection	-	7	7	102
Publikacje naukowe w czasopiśmie z listy B MNiSW	4	23	27	192
Publikacje naukowe w opracowaniach zbiorowych (rozdziały w monografii, materiały konferencyjne)	4	9	13	63
Redakcja naukowa	2	-	2	16
RAZEM	13	41	54	473
Cytowania				
Według bazy danych	Liczba cytowań		Bez autocytań	
Web of Science	32		27	
Scopus	34		25	
Google Scholar (Publish or Perish)	93		61	
Według bazy danych	Indeks H - Hirsha			
Web of Science	2			
Scopus	4			
Google Scholar (prog. Publish or Perish)	4			
Projekty naukowo-badawcze				
Charakter udziału	Liczba projektów	Źródło finansowania		
Kierownik zespołu podwykonawcy	1	NCBiR		
Ekspert wykonawca	2	7 Ramowy Program UE; NCBiR		
Koordynator i ekspert wykonawca	1	Uniwersytet Szczeciński, ZUT w Szczecinie		
Aktywne uczestnictwo w konferencjach				
Rodzaj uczestnictwa	Zasięg międzynarodowy	Zasięg krajowy	Łącznie	
Liczba wygłoszonych referatów	9	16	25	
Udział w dyskusjach panelowych, pokazy systemu, warsztaty	-	7	7	
Wykłady na zaproszenie instytucji	-	4	4	

* Publikacja została wydana w czasopiśmie „Symmetry” w styczniu 2019 roku. W dniu sporządzenia zestawienia (16.04.2019 r.) MNiSW nie ogłosiło nowych zasad parametryzacji czasopism, dlatego do obliczeń zastosowano punktację obowiązującą w roku 2018, tj. 30 pkt. według listy A MNiSW.

Trzeci projekt pt. „*Hybrydowy system inteligentnej diagnostyki modeli prognostycznych*” jest w trakcie realizacji (data rozpoczęcia projektu: 01.01.2019 r., planowany czas realizacji: 16 miesięcy). Projekt uzyskał dofinansowanie z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, działanie 1.1. Projekty B+R przedsiębiorstw /poddziałanie 1.1.1. Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa (Konkurs 1/1.1.1/2018 „Szybka ścieżka” MŚP, numer wniosku o dofinansowanie: POIR.01.01.01-00-0322/18). Wnioskodawcą i głównym wykonawcą projektu jest BD Polska Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie przy ul. Konstruktorskiej 13. Podwykonawcą wskazanym we wniosku jest Akademia im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim. Habilitant pełni funkcję kierownika zespołu podwykonawcy i realizuje badania o charakterze innowacyjnym podzielone na trzy etapy.

Etap 1. A) Wykonanie badań naukowych nad bazą wiedzy, tworzenie zmiennych predykcyjnych zagregowanych w różnych wymiarach z uwzględnieniem ich interakcji.

B) Opracowanie wartości krytycznych dla indeksów, miar i testów diagnostyki modeli.

Etap 2. A) Opracowanie metody łącznej oceny modelu na podstawie wielu kryteriów z zachowaniem porównywalności wyników dla różnych klas modeli.

B) Budowanie modeli wyjaśniających, pozwalających na uzyskanie interpretowalności wyników modeli maszynowego uczenia.

Etap 3. Korekta algorytmów i elementów technicznych platformy na podstawie uzyskanych wyników.

W kolejnym projekcie pt. „*Wirtualny pacjent*”, w drugiej połowie 2018 roku, wspólnie z BD Polska Sp. z o.o. wykonano badania wstępne i złożono wniosek o grant do Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Konkurs 4/1.1.1/2018 „Szybka ścieżka” MŚP, numer wniosku: POIR.01.01.01-00-1208/18). Planowany termin realizacji projektu: 2019-2021. Celem projektu jest budowa inteligentnego asystenta dla studentów medycyny i młodych lekarzy wpierającego proces edukacji, podnoszenia kompetencji w zakresie diagnostyki oraz leczenia chorób. Charakter uczestnictwa habilitanta: udział w realizacji badań wstępnych i przygotowaniu wniosku o dofinansowanie, rola eksperta wykonawcy i koordynatora zadań w zakresie: 1) modelowania i zarządzania bazą wiedzy oraz 2) budowy modelu generatora przypadków zachorowania wirtualnego pacjenta.

Udział w konferencjach, wykłady na zaproszenie instytucji

W latach 2003-2018 habilitant wygłosił 25 referatów naukowych na konferencjach naukowych (w tym 9 referatów na konferencjach międzynarodowych; tabela 2). Poza tym na 7 konferencjach naukowych uczestniczył w panelach dyskusyjnych lub w sesjach naukowych o charakterze warsztatowym w celu zademonstrowania funkcji prototypowej wersji systemu wspomaganie decyzji (SPF, DSS 1.0, DSS 2.0; 2006-2012) lub systemu F/K (Trans, 2003-2005). W okresie 2008-2014 wygłosił 4 autorskie wykłady na zaproszenie instytucji naukowych. Pełny wykaz wystąpień konferencyjnych i wykładów gościnnych zamieszczono w załączniku 4 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego (sekcje: II I, poz. 1-25; III A, poz. 1-7; III J, poz. 1).

Od 2016 roku habilitant należy do Rady Naukowej corocznej konferencji organizowanej przez Kongres Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą nt.: „Zarządzanie wiedzą – teoria i praktyka”. W latach 2015-2018 był członkiem komitetu organizacyjnego 5 konferencji naukowych zorganizowanych przez Wydział Techniczny Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim (załącznik 4, sekcja III B, poz. 1-7).

Nagrody za działalność naukową

W roku 2012 habilitant otrzymał od Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego nagrodę indywidualną III stopnia za osiągnięcia naukowe.

W latach 2015-2018 habilitant otrzymał 4 nagrody Rektora Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim za wyróżniającą pracę naukową na rzecz rozwoju Uczelni.

Opieka naukowa nad doktorantami i studentami w toku specjalizacji

W latach 2011-2012 habilitant pełnił opiekę naukową nad doktorantem w charakterze promotora pomocniczego (szczegóły wykazano w załączniku 4, sekcja III H).

W okresie 2004-2010 pracując na stanowisku docenta w Instytucie Zarządzania Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Gorzowie Wielkopolskim habilitant wypromował 151 studentów. Prace dyplomowe (licencjackie) zostały zrealizowane na studiach I stopnia, na kierunku *zarządzanie*, w specjalności *informatyka w zarządzaniu*.

Od roku 2004 do 2014 zajmując stanowisko adiunkta w Katedrze Systemów Informacyjnych Zarządzania Wydziału Informatyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie habilitant wypromował 51 studentów. Promotorstwo obejmowało prace inżynierskie lub magisterskie na studiach I i II stopnia oraz prace inżyniersko-magisterskie na studiach 5-letnich jednolitych na kierunku *informatyka* o specjalności *systemy informatyczne w zarządzaniu*.

W latach 2015-2018 pracując w Katedrze Inteligentnych Systemów Wspomagania Decyzji na Wydziale Technicznym Akademii im. Jakuba z Paradyża w Gorzowie Wielkopolskim habilitant wypromował 29 studentów. Prace dyplomowe (inżynierskie) zostały zrealizowane na studiach I stopnia na kierunku *informatyka* w specjalności: *inżynieria systemów informacyjnych zarządzania*.

Łącznie w latach 2004-2018 habilitant wypromował 231 studentów.

* * *

Szczegółowy wykaz osiągnięć naukowych habilitanta oraz dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego zawarto w załączniku 4 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego.

Jarostaw Becker

podpis wnioskodawcy

Szczecin, dn. 18.04.2019r.